



# KUMPULAN PROGRAM UNTUK SISTEM KENDALI TENAGA LISTRIK

Jilid 1

HERU DIBYO LAKSONO

**KUMPULAN PROGRAM UNTUK SISTEM KENDALI  
TENAGA LISTRIK  
JILID 1**

**(Studi Kasus : Automatic Voltage Regulator Tipe Arus Searah)**

Editor:  
**HERU DIBYO LAKSONO, MT**

diterbitkan oleh:  
Lembaga Pengembangan Teknologi Informasi dan  
Komunikasi Universitas Andalas

KUMPULAN PROGRAM UNTUK SISTEM KENDALI TENAGA LISTRIK JILID 1  
(Studi Kasus : Automatic Voltage Regulator Tipe Arus Searah)

**Penulis :**

*Heru Dibyo Laksono*

**Hak Cipta Pada Penulis**

**Diterbitkan oleh :**

Lembaga Pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LPTIK) Universitas  
Andalas Lantai Dasar  
Gedung Perpustakaan Pusat Kampus Universitas Andalas Jl. Dr. Mohammad Hatta Limau  
Manis, Padang, Sumatera Barat, Indonesia

Web: [www.lptik.unand.ac.id](http://www.lptik.unand.ac.id)

Telp. 0751-775827 - 777049

Email: [sekretariat\\_lptik@unand.ac.id](mailto:sekretariat_lptik@unand.ac.id)

ISBN : 978-602-5539-64-0

ISBN Lengkap : 978-602-5539-63-3

**Hak Cipta dilindungi Undang Undang.**

Dilarang mengutip atau memperbanyak sebahagian atau seluruh isi buku tanpa izin tertulis dari penerbit.

## **PRAKATA**

Pertama – tama penulis mengucapkan puji dan syukur kehadiran Allah SWT karena berkat dan rahmat Nya penulis telah dapat menyelesaikan penulisan naskah buku tentang kumpulan program untuk sistem kendali tenaga listrik dengan studi kasus pada sistem Automatic Voltage Regulator (AVR) tipe arus searah jilid 1. Penulisan buku ini dilatarbelakangi oleh minimnya literatur tentang kendali sistem tenaga listrik yang ditulis dalam bahasa Indonesia. Oleh karena itu penulis memberanikan diri untuk mencoba menyusun buku ini dengan harapan dapat membantu dalam proses belajar mengajar bagi mahasiswa teknik elektro dengan konsentrasi teknik tenaga listrik.

Terima kasih khusus dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada orang tua kami yang telah memberikan perhatian penuh dalam penyelesaian buku ini. Ucapan terima kasih kepada banyak pihak yang telah mendukung penulis buku ini. Kepada istri tercinta Reri Afrianita, putra - putriku yang cantik, Thanisa Nazhwa Azura (Thata) dan Fathan Atthallah Kaysan (Fathan) serta keluarga besarku, buku ini kupersembahkan untuk kalian semua. Akhirnya, segala tanggungjawab akademis dari naskah buku ini sepenuhnya berada di tangan penulis. Akhir kata jika pembaca menemukan kesalahan, penulis dengan senang hati menerima kritik dan saran yang membangun serta dapat disampaikan melalui email [herudibylaksono@gmail.com](mailto:herudibylaksono@gmail.com) atau [heru\\_dl@eng.unand.ac.id](mailto:heru_dl@eng.unand.ac.id)

Padang, Juni 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

PRAKATA .....	2
DAFTAR ISI .....	3
DAFTAR GAMBAR .....	10
DAFTAR TABEL .....	11
BAB 1. KODE – KODE MATLAB UNTUK PEMODELAN DAN ANALISA SISTEM KENDALI .....	12
1.1 Pendahuluan .....	12
1.2 Kode Matlab Untuk Analisa Kesalahan .....	13
1.3 Kode Matlab Untuk Analisa Peralihan .....	14
1.4 Kode Matlab Untuk Analisa Performansi Dalam Domain Frekuensi Untuk Fungsi Alih Lingkaran Terbuka .....	16
1.5 Kode Matlab Untuk Analisa Performansi Dalam Domain Frekuensi Untuk Fungsi Alih Lingkaran Tertutup .....	17
1.6 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan .....	18
1.6.1 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Dengan Metoda Lyapunov Pertama .....	18
1.6.2 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Dengan Kriteria Routh .....	19
1.6.3 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Dengan Kriteria Hurwitz ....	20
1.6.4 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Dengan Kriteria <i>Continued Fraction</i> .....	20
1.6.5 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Dengan Kriteria Nyquist .....	21
1.6.6 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Dengan Kriteria Bode .....	22
1.7 Kode Matlab Untuk Analisa Kekokohan .....	22
1.8 Kode Matlab Untuk Fungsi Routh .....	23
1.9 Kode Matlab Untuk Fungsi Hurwitz .....	24
1.10 Kode Matlab Untuk Fungsi <i>Continued Fraction</i> .....	25
1.11 Kode Matlab Untuk Fungsi Nyquist .....	26
BAB 2. KODE – KODE MATLAB UNTUK ANALISA SISTEM EKSITASI GENERATOR .....	31
2.1 Pendahuluan .....	31
2.2 Pemodelan Sistem Eksitasi Generator .....	31

2.2.1 Model Amplifier .....	33
2.2.2 Model Eksiter.....	34
2.2.3 Model Generator .....	34
2.2.4 Fungsi Alih Sistem Eksitasi Generator .....	35
2.3 Kode Matlab Fungsi Alih Sistem Eksitasi Generator .....	36
2.4 Kode Matlab Analisa Kesalahan Sistem Eksitasi Generator .....	38
2.5 Kode Matlab Untuk Analisa Peralihan Sistem Eksitasi Generator...	40
2.6 Kode Matlab Untuk Analisa Performansi Dalam Domain Frekuensi Untuk Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator .....	42
2.7 Kode Matlab Untuk Analisa Performansi Dalam Domain Frekuensi Untuk Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator .....	44
2.8 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan .....	46
2.8.1 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Metoda Lyapunov Pertama .....	46
2.8.2 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Kriteria Routh.....	48
2.8.3 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Kriteria Hurwitz .....	50
2.8.4 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Kriteria <i>Continued Fraction</i> .....	51
2.8.5 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Kriteria Nyquist.....	53
2.8.6 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Kriteria Bode .....	54
2.9 Kode Matlab Untuk Analisa Kekokohan Sistem Eksitasi Generator	56
<b>BAB 3. KODE – KODE MATLAB UNTUK SISTEM KENDALI EKSITASI GENERATOR DENGAN PIDTOOL MODEL PARALEL .....</b>	<b>59</b>
3.1 Pendahuluan.....	59
3.2 Kriteria Perancangan Pengendali Untuk Sistem Eksitasi Generator ..	59
3.3 Kode Matlab Untuk Perancangan Pengendali Proporsional (P) Dengan PIDTool Model Paralel.....	60
3.4 Kode Matlab Untuk Tanggapan Pengendali Proporsional (P).....	61

3.5	Kode Matlab Untuk Analisa Kesalahan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P).....	63
3.6	Kode Matlab Untuk Analisa Peralihan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P).....	66
3.7	Kode Matlab Untuk Analisa Performansi Dalam Domain Frekuensi Untuk Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P).....	70
3.8	Kode Matlab Untuk Analisa Performansi Dalam Domain Frekuensi Untuk Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P).....	74
3.9	Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan .....	77
3.9.1	Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) Menggunakan Metoda Lyapunov Pertama .....	77
3.9.2	Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) Menggunakan Kriteria Routh. ....	81
3.9.3	Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) Menggunakan Kriteria Hurwitz .....	83
3.9.4	Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) Menggunakan Kriteria Continued Fraction .....	86
3.9.5	Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) Menggunakan Kriteria Nyquist .....	89
3.9.6	Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) Menggunakan Kriteria Bode ..	91
3.10	Kode Matlab Untuk Analisa Kekokohan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P).....	94
3.11	Kode Matlab Untuk Tanggapan <i>Input Disturbance Rejection</i> Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) .....	97
3.12	Kode Matlab Untuk Tanggapan <i>Output Disturbance Rejection</i> Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) .....	100

3.13	Kode Matlab Untuk Perancangan Pengendali Integral (I) Dengan PIDTool Model Paralel.....	102
3.14	Kode Matlab Untuk Perancangan Pengendali Proporsional Integral (PI) Dengan PIDTool Model Paralel .....	103
3.15	Kode Matlab Untuk Perancangan Pengendali Proporsional Diferensial (PD) Dengan PIDTool Model Paralel.....	104
3.16	Kode Matlab Untuk Perancangan Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID) Dengan PIDTool Model Paralel .....	105
3.17	Kode Matlab Untuk Perancangan Pengendali Proporsional Diferensial Dengan Filter Orde Pertama Pada Bagian Diferensial (PDF) Dengan PIDTool Model Paralel.....	106
3.18	Kode Matlab Untuk Perancangan Pengendali Proporsional Integral Diferensial Dengan Filter Orde Pertama Pada Bagian Diferensial (PIDF) Dengan PIDTool Model Paralel .....	106
BAB 4.	KODE – KODE MATLAB UNTUK SISTEM KENDALI EKSITASI GENERATOR DENGAN PIDTOOL MODEL STANDARD.....	109
4.1	Pendahuluan.....	109
4.2	Kriteria Perancangan Pengendali Untuk Sistem Eksitasi Generator	109
4.3	Kode Matlab Untuk Perancangan Pengendali Proporsional (P) Dengan PIDTool Model Standard.....	109
4.4	Kode Matlab Untuk Tanggapan Pengendali Proporsional (P).....	110
4.5	Kode Matlab Untuk Analisa Kesalahan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P).....	112
4.6	Kode Matlab Untuk Analisa Peralihan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P).....	115
4.7	Kode Matlab Untuk Analisa Performansi Dalam Domain Frekuensi Untuk Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P).....	120
4.8	Kode Matlab Untuk Analisa Performansi Dalam Domain Frekuensi Untuk Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P).....	123
4.9	Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan .....	126



4.9.1 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) Menggunakan Metoda Lyapunov Pertama .....	127
4.9.2 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) Menggunakan Kriteria Routh .....	129
4.9.3 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) Menggunakan Kriteria Hurwitz .....	132
4.9.4 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) Menggunakan Kriteria <i>Continued Fraction</i> .....	136
4.9.5 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) Menggunakan Kriteria Nyquist .....	138
4.9.6 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) Menggunakan Kriteria Bode	141
4.10 Kode Matlab Untuk Analisa Kekokohan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P).....	144
4.11 Kode Matlab Untuk Tanggapan <i>Input Disturbance Rejection</i> Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) .....	147
4.12 Kode Matlab Untuk Tanggapan <i>Output Disturbance Rejection</i> Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) .....	149
4.13 Kode Matlab Untuk Perancangan Pengendali Integral (I) Dengan PIDTool Model Standard.....	151
4.14 Kode Matlab Untuk Perancangan Pengendali Proporsional Integral (PI) Dengan PIDTool Model Standard .....	152
4.15 Kode Matlab Untuk Perancangan Pengendali Proporsional Diferensial (PD) Dengan PIDTool Model Standard .....	153
4.16 Kode Matlab Untuk Perancangan Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID) Dengan PIDTool Model Standard .....	154

4.17	Kode Matlab Untuk Perancangan Pengendali Proporsional Diferensial Dengan Filter Orde Pertama Pada Bagian Diferensial (PDF) Dengan PIDTool Model Standard.....	155
4.18	Kode Matlab Untuk Perancangan Pengendali Proporsional Integral Diferensial Dengan Filter Orde Pertama Pada Bagian Diferensial (PIDF) Dengan PIDTool Model Standard.....	156
BAB 5.	KODE – KODE MATLAB UNTUK SISTEM KENDALI EKSITASI GENERATOR DENGAN PIDTUNE .....	157
5.1	Pendahuluan.....	157
5.2	Kriteria Perancangan Pengendali Untuk Sistem Eksitasi Generator	157
5.3	Kode Matlab Untuk Perancangan Pengendali Proporsional (P) Dengan PIDTune.....	157
5.4	Kode Matlab Untuk Tanggapan Pengendali Proporsional (P).....	159
5.5	Kode Matlab Untuk Analisa Kesalahan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P).....	162
5.6	Kode Matlab Untuk Analisa Peralihan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P).....	166
5.7	Kode Matlab Untuk Analisa Performansi Dalam Domain Frekuensi Untuk Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P).....	171
5.8	Kode Matlab Untuk Analisa Performansi Dalam Domain Frekuensi Untuk Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P).....	174
5.9	Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan .....	178
5.9.1	Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) Menggunakan Metoda Lyapunov Pertama .....	178
5.9.2	Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) Menggunakan Kriteria Routh .....	181
5.9.3	Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) Menggunakan Kriteria Hurwitz .....	183

5.9.4 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) Menggunakan Kriteria <i>Continued Fraction</i> .....	186
5.9.5 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) Menggunakan Kriteria Nyquist .....	189
5.9.6 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) Menggunakan Kriteria Bode	192
5.10 Kode Matlab Untuk Analisa Kekokohan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P).....	195
5.11 Kode Matlab Untuk Tanggapan <i>Input Disturbance Rejection</i> Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) .....	198
5.12 Kode Matlab Untuk Tanggapan <i>Output Disturbance Rejection</i> Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) .....	200
5.13 Kode Matlab Untuk Perancangan Pengendali Integral (I) Dengan PIDTune.....	203
5.14 Kode Matlab Untuk Perancangan Pengendali Proporsional Integral (PI) Dengan PIDTune .....	205
5.15 Kode Matlab Untuk Perancangan Pengendali Proporsional Diferensial (PD) Dengan PIDTune .....	207
5.16 Kode Matlab Untuk Perancangan Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID) Dengan PIDTune .....	209
5.17 Kode Matlab Untuk Perancangan Pengendali Proporsional Diferensial Dengan Filter Orde Pertama Pada Bagian Diferensial (PDF) Dengan PIDTune.....	212
5.18 Kode Matlab Untuk Perancangan Pengendali Proporsional Integral Diferensial Dengan Filter Orde Pertama Pada Bagian Diferensial (PIDF) Dengan PIDTune .....	214
GLOSARIUM .....	217
DAFTAR PUSTAKA .....	219
INDEKS .....	221

## **DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1 Rangkaian Sederhana Sistem Eksitasi Generator (Saadat, 1999)	
.....	32
Gambar 2.2 Diagram Blok Model Sistem Eksitasi Generator (Saadat,1999)	
.....	33

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Nilai Parameter Sistem Eksitasi Generator .....	35
---	----

# **BAB 1. KODE – KODE MATLAB UNTUK PEMODELAN DAN ANALISA SISTEM KENDALI**

## **1.1 Pendahuluan**

Bagian ini menjelaskan kode – kode Matlab yang digunakan untuk pemodelan dan analisa sistem kendali. Pemodelan yang digunakan adalah pemodelan matematis sistem kendali dalam bentuk fungsi alih. Untuk analisa sistem kendali yang dibahas analisa performansi dalam domain waktu, analisa performansi dalam domain frekuensi, analisa kestabilan dan analisa kekokohan. Untuk analisa performansi dalam domain waktu terdiri dari analisa kesalahan dan analisa peralihan. Dengan analisa kesalahan, informasi yang diperoleh meliputi tipe sistem, konstanta kesalahan posisi, konstanta kesalahan kecepatan, konstanta kesalahan percepatan, kesalahan keadaan mantap untuk masukan undak satuan, kesalahan keadaan mantap untuk masukan laju satuan dan kesalahan keadaan mantap untuk masukan parabolik. Informasi analisa kesalahan ini diperoleh dari fungsi alih lingkaran terbuka terhadap masukan undak satuan, laju satuan dan parabolik satuan. Untuk analisa peralihan, informasi yang diperoleh diantaranya waktu naik, waktu puncak, waktu keadaan mantap, nilai puncak, lewatan maksimum, total variasi, *Decay Ratio* dan *Steady State Offset* . Informasi analisa peralihan ini diperoleh dari fungsi alih lingkaran tertutup terhadap masukan undak satuan.

Untuk analisa performansi dalam domain frekuensi terdiri dari analisa performansi dalam domain frekuensi untuk fungsi alih lingkaran terbuka dan analisa performansi dalam domain frekuensi untuk fungsi alih lingkaran tertutup. Dengan analisa performansi dalam domain frekuensi untuk fungsi alih lingkaran terbuka ini diperoleh informasi margin penguatan, frekuensi margin penguatan, margin fasa dan frekuensi margin fasa sedangkan dengan analisa performansi dalam domain frekuensi untuk fungsi alih lingkaran tertutup ini diperoleh informasi nilai puncak resonansi, nilai frekuensi puncak resonansi dan lebar pita. Untuk Analisa kestabilan dilakukan dengan metoda Lyapunov pertama, kriteria Routh, kriteria Hurwitz, kriteria

*Continued Fraction*, kriteria *Nyquist* dan kriteria Bode. Pembahasan terakhir adalah analisa kekokohan. Untuk analisa kekokohan dilakukan dengan menggunakan kriteria nilai puncak maksimum. Adapun nilai puncak maksimum terdiri dari nilai puncak maksimum sensitivitas dan nilai puncak maksimum sensitivitas komplementer.

## 1.2 Kode Matlab Untuk Analisa Kesalahan

Kode Matlab untuk analisa kesalahan sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka')
num_ol = conv((15*10*0.6),[0.2 1]);
den_ol = conv([ 0.5 1],[1 3 4]);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Perhitungan Konstanta Kesalahan dan Kesalahan Keadaan
Mantap
disp('Perhitungan Konstanta Kesalahan dan Kesalahan Keadaan
Mantap')
Errortf(num_ol,den_ol)
```

### Hasil program

```
Fungsi Alih Lingkar Terbuka
sys_ol =
      18 s + 90
-----
0.5 s^3 + 2.5 s^2 + 5 s + 4
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkar Tertutup  
 sys\_cl =

$$\frac{18 s + 90}{0.5 s^3 + 2.5 s^2 + 23 s + 94}$$

Continuous-time transfer function.

Perhitungan Konstanta Kesalahan dan Kesalahan Keadaan Mantap Tipe Sistem adalah 0  
 Konstanta Kesalahan Posisi (Kp) adalah 22.5000  
 Konstanta Kesalahan Kecepatan (Kv) adalah 0.0000  
 Konstanta Kesalahan Percepatan (Ka) adalah 0.0000  
 Kesalahan Keadaan Mantap Untuk Masukan Undak adalah 0.0426  
 Kesalahan Keadaan Mantap Untuk Masukan Laju adalah Inf  
 Kesalahan Keadaan Mantap Untuk Masukan Parabolik adalah Inf

### 1.3 Kode Matlab Untuk Analisa Peralihan

Kode Matlab untuk analisa peralihan sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
%
num = [ 0 0 100];
den = [ 1 10 100];
%
% Fungsi alih Lingkar Tertutup
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup')
sys = tf(num,den)
%
% Performansi Lingkar Tertutup Dalam Domain Waktu
t = 0:0.01:10.00;
[y,x,t] = step(num,den,t);
P = stepinfo(sys)
p = stepinfo(sys_cl);
Tr = p.RiseTime;
Tp = p.PeakTime;
Ts = p.SettlingTime;
N_p = p.Peak;
Mp = p.Overshoot;
k = max(y);
tv = sum(abs(diff(y)));
k1 = sort(y, 'descend');
```



```

k2 = k1(1);
k3 = k1(2);
K = k3/k2;
e1 = abs(1 - dcgain(sys));
EV = (tv/abs(dcgain(sys)));
%
fprintf('Nilai Waktu Naik           = %10.5g detik\n',Tr)
fprintf('Nilai Waktu Puncak         = %10.5g detik\n',Tp)
fprintf('Nilai Waktu Keadaan Mantap = %10.5g detik\n',Ts)
fprintf('Nilai Puncak                = %10.5g \n',N_p)
fprintf('Nilai Lewatan Maksimum       = %10.5g \n',Mp)
fprintf('Total Variasi                 = %10.5g \n',tv)
fprintf('Decay Ratio                   = %10.5g \n',K)
fprintf('Steady State Offset             = %10.5g \n',e1)
fprintf('Excess Variation                = %10.5g \n',EV)
%
% Tanggapan Terhadap Masukan Undak Satuan
t = 0:0.01:10;
[y,x,t] = step(num,den,t);
plot(t,y);
grid on
title('Tanggapan Terhadap Masukan Undak Satuan ')
ylabel('Keluaran')
xlabel('detik')

```

## Hasil program

Fungsi Alih Lingkar Tertutup

```

sys =
      100
-----
s^2 + 10 s + 100

```

Continuous-time transfer function.

Nilai Waktu Naik	=	0.1639 detik
Nilai Waktu Puncak	=	0.3592 detik
Nilai Waktu Keadaan Mantap	=	0.80759 detik
Nilai Puncak	=	1.1629
Nilai Lewatan Maksimum	=	16.293
Total Variasi	=	1.3894
Decay Ratio	=	0.9997
Steady State Offset	=	0
Excess Variation	=	1.3894

## 1.4 Kode Matlab Untuk Analisa Performansi Dalam Domain Frekuensi Untuk Fungsi Alih Lingkar Terbuka

Kode matlab untuk analisa performansi dalam domain frekuensi untuk fungsi alih lingkar terbuka sebagai berikut

```

clc
clear all
close all
close all hidden
%
num = [ 0 0 0 1];
den = [ 7 26 15 0 ];
%
% Fungsi alih Lingkar Terbuka
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka')
sys = tf(num,den)
%
% Performansi Lingkar Terbuka Dalam Domain Frekuensi
[Gm,Pm,Wcg,Wcp] = margin(num,den);
fprintf('Nilai Margin Penguatan (dB) = %10.5g \n',mag2db(Gm))
fprintf('Nilai Margin Fasa (derjat) = %10.5g \n',Pm)
fprintf('Nilai Frekuensi Margin Penguatan (rad/detik) = %10.5g \n',Wcg)
fprintf('Nilai Frekuensi Margin Fasa (rad/detik) = %10.5g \n',Wcp)
%
% Diagram Bode
margin(num,den)
grid on

```

### Hasil program

Fungsi Alih Lingkar Terbuka  
 sys =

$$\frac{1}{7s^3 + 26s^2 + 15s}$$

Continuous-time transfer function.

Nilai Margin Penguatan (dB)	=	34.919
Nilai Margin Fasa (derjat)	=	83.425
Nilai Frekuensi Margin Penguatan (rad/detik)	=	1.4639
Nilai Frekuensi Margin Fasa (rad/detik)	=	0.066355

## 1.5 Kode Matlab Untuk Analisa Performansi Dalam Domain Frekuensi Untuk Fungsi Alih Lingkaran Tertutup

Kode matlab untuk analisa analisa performansi dalam domain frekuensi untuk fungsi alih lingkaran tertutup sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
%
num = [ 0 0 255];
den = [ 1 3 0 ];
%
% Fungsi alih Lingkaran Terbuka
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka')
sys = tf(num,den)
%
% Fungsi alih Lingkaran Tertutup
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup')
sys_cl = feedback(sys,1)
%
% Performansi Lingkaran Tertutup Dalam Domain Frekuensi
[gpeak,fpeak] = getPeakGain(sys_cl);
bw = bandwidth(sys_cl);
fprintf('Lebar Pita (rad/detik) = %10.5g\n',bw)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi = %10.5g\n',gpeak)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi (dB) = %10.5g\n',mag2db(gpeak))
fprintf('Frekuensi Puncak Resonansi (rad/detik) = %10.5g\n',fpeak)
%
% Diagram Magnitude Bode
bodemag(sys_cl)
grid on
```

### Hasil program

Fungsi Alih Lingkar Terbuka

```
sys =  
      255  
      -----  
      s^2 + 3 s
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkar Tertutup

```
sys_cl =  
      255  
      -----  
      s^2 + 3 s + 255
```

Continuous-time transfer function.

Lebar Pita (rad/detik)	=	24.648
Nilai Puncak Resonansi	=	5.3229
Nilai Puncak Resonansi (dB)	=	14.523
Frekuensi Puncak Resonansi (rad/detik)	=	15.969

## 1.6 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan

Bagian ini berisi kode – kode Matlab yang digunakan dalam analisa kestabilan. Adapun metoda – metoda yang digunakan dalam analisa kestabilan meliputi metoda Lyapunov Pertama, kriteria Routh, kriteria Hurwitz, kriteria Continued Fraction, kriteria Nyquist dan kriteria Bode.

### 1.6.1 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Dengan Metoda Lyapunov Pertama

Kode matlab untuk analisa kestabilan dengan metoda Lyapunov Pertama sebagai berikut

```
clc  
clear all  
close all  
close all hidden  
%  
% Sistem Lingkar Terbuka  
num_G = [ 0 0 4];  
den_G = [ 1 5 0];
```

```

num_H = [ 0    10];
den_H = [ 1    3];
[num_ol,den_ol] = series(num_G,den_G,num_H,den_H);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol);
%
% Sistem Lingkkar Tertutup
[num_cl,den_cl] = feedback(num_G,den_G,num_H,den_H,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl);
%
% Akar - Akar Persamaan Karakteristik
disp('Akar - Akar Persamaan Karakteristik')
k = pole(sys_cl)

```

### Hasil program

```

Akar - Akar Persamaan Karakteristik
k =
    -6.6488 + 0.0000i
    -0.6756 + 2.3579i
    -0.6756

```

## 1.6.2 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Dengan Kriteria Routh

Kode matlab untuk analisa kestabilan dengan kriteiria Routh sebagai berikut

```

clc
clear all
close all
close all hidden
%
% Fungsi Alih Lingkkar Terbuka
num_G = [ 0    0    4];
den_G = [ 1    5    0];
num_H = [ 0    10];
den_H = [ 1    3];
[num_ol,den_ol] = series(num_G,den_G,num_H,den_H);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol);
%
% Fungsi Alih Lingkkar Tertutup
[num_cl,den_cl] = feedback(num_G,den_G,num_H,den_H,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl);
%
% Kriteria Routh
K = myRouth(den_cl)

```

Hasil program

```
K =  
[ 1, 15]  
[ 8, 40]  
[ 10, 0]  
[ 40, 0]
```

### 1.6.3 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Dengan Kriteria Hurwitz

Kode matlab untuk analisa kestabilan dengan kriteiria Hurwitz sebagai berikut

```
clc  
clear all  
close all  
close all hidden  
%  
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka  
num_G = [ 0 0 4];  
den_G = [ 1 5 0];  
num_H = [ 0 10];  
den_H = [ 1 3];  
[num_ol,den_ol] = series(num_G,den_G,num_H,den_H);  
sys_ol = tf(num_ol,den_ol);  
%  
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup  
[num_cl,den_cl] = feedback(num_G,den_G,num_H,den_H,-1);  
sys_cl = tf(num_cl,den_cl);  
%  
% Kriteria Hurwitz  
hurwitz(den_cl)
```

Hasil program

```
Nilai Determinan ke 1: 8  
Nilai Determinan ke 2: 80  
Nilai Determinan ke 3: 3200  
Sistem Bersifat Stabil
```

### 1.6.4 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Dengan Kriteria *Continued Fraction*

Kode matlab untuk analisa kestabilan dengan kriteiria *Continued Fraction* sebagai berikut

```
clc
```

```

clear all
close all
close all hidden
%
% Persamaan Karakteristik
disp('Persamaan Karakteristik')
P = [1 6 12 8]
%
% Periksa Kestabilan Dengan Kriteria Continued Fraction
disp('Periksa Kestabilan Dengan Kriteria Continued Fraction')
fraction(P);

```

### Hasil program

Persamaan Karakteristik  
P =

1      6      12      8

Periksa Kestabilan Dengan Kriteria Continued Fraction  
 Nilai H1                    =        0.1667  
 Nilai H2                    =        0.5625  
 Nilai H3                    =        1.333  
 Sistem Stabil

## 1.6.5 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Dengan Kriteria Nyquist

Kode matlab untuk analisa kestabilan dengan kriteiria Nyquist sebagai berikut

```

clc
clear all
close all
close all hidden
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup')
num = [ 0 0 1];
den = [ 1 5 10];
H = tf(num,den)
%
% Diagram Nyquist
newnyq(num,den)
grid on

```

### Hasil program

Fungsi Alih Lingkar Tertutup

$$H = \frac{1}{s^2 + 5s + 10}$$

Continuous-time transfer function.

stable k range  
-10 < k < Inf

### 1.6.6 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Dengan Kriteria Bode

Kode matlab untuk analisa kestabilan dengan kriteria Bode sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka
num = [ 0 0 0 10];
den = [ 1 5 5 5];
sys = tf(num,den);
%
[Gm,Pm,Wgm,Wpm] = margin(sys);
K = 1/Gm;
fprintf('Nilai Konstanta Bode    = %10.5g \n',K)
if (K<1)
    disp('Sistem Stabil')
else
    disp('Sistem Tidak Stabil')
end
```

### Hasil program

Nilai Konstanta Bode = 0.5  
Sistem Stabil

### 1.7 Kode Matlab Untuk Analisa Kekokohan

Kode matlab untuk analisa kekokohan sebagai berikut

```
clc
```



```

clear all
close all
close all hidden
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup
num = [ 0 0 15];
den = [ 1 2 15];
T = tf(num,den);
S = 1 - T;
%
disp('Informasi Kekokohan')
Ms =norm((1 - T),inf,1e-4);
Mt =norm(T,inf,1e-4);
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas           =
%10.5g \n',Ms)
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas Komplementer =
%10.5g \n',Mt)

```

### Hasil program

```

Informasi Kekokohan
Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas           =           2.2272
Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas Komplementer =           2.0045

```

## 1.8 Kode Matlab Untuk Fungsi Routh

Kode matlab untuk fungsi Routh sebagai berikut

```

function R = myRouth(b)
if(nargin<1), warning('No Input Argument') ; return
end

%% Flip vector in left/right direction and find order of
polynomial
b = fliplr(b) ;
ord = size(b,2)-1 ;

% It gives the index number of R11's row
% ord = 6,7 --> rou_i = 7
rou_i = fix( fix(ord/2)*2 ) + 1 ;
rou_j = ceil((ord+1)/2) ;           % Round infinity

%% If order is even add one zero as a last element of matrix
Ri = [ b(ord+1:-2:1) ;
      b(ord:-2:1)  zeros( fix(( rou_i-1 )/ord) ) ] ;

R = sym( zeros(ord+1,rou_j) ) ; R(ord+1:-1:ord, : ) = Ri ;

```

```

%% All R's for Routh-Hurwitz [Main Algorithm]
for n = ord-1:-1:2
    for j = 1:round(n/2)
        R(n,j) = ( R(n+1,1)*R(n+2,j+1)-R(n+1,j+1)*R(n+2,1) )/R(n+1) ;
    end
end
R(1,1) = R(rou_i,rou_j) ;

%% Simplify and Flip matrix in up/down direction.
R = simplify(R) ; R = flipud(R) ;

```

## 1.9 Kode Matlab Untuk Fungsi Hurwitz

Kode matlab untuk fungsi Hurwitz sebagai berikut

```

function hurwitz(v)
v;
if v(1)<0
    v=-v;
end
dimension=length(v);
if rem(dimension,2)==0
    w=v;
else
    w=[v 0];
end
n_column=fix((dimension-1)/2)+1;
w=reshape(w,2,n_column);
x=flipud(w);
for i=1:2
    for j=1:n_column
        y(i,j)=x(i,j);
    end
end
for i=3:dimension-1
    for j=2:dimension-1
        y(i,j)=y(i-2,j-1);
    end
end
n_det=length(y);
for i=1:n_det
    z(i)=det(y(1:i,1:i));
    disp(['Nilai Determinan ke ',num2str(i),': ',num2str(z(i))])
end
if z(i)>0

```

```

        disp('Sistem Bersifat Stabil')
    else
        disp('Sistem Bersifat Tidak Stabil')
    end

```

## 1.10 Kode Matlab Untuk Fungsi *Continued Fraction*

Kode matlab untuk fungsi *Continued Fraction* sebagai berikut

```

function fraction(P)
%
N = length(P) - 1;
%
if (N == 4) & (length(P) == (N+1))
% Hitung H1
H1 = P(1)/P(2)
% Hitung H2
H21 = (P(4) * P(1)/P(2));
H22 = P(3) - H21;
H2 = P(2)/H22
% Hitung H3
H31 = (P(4) * P(1))/P(2);
H32 = P(3) - H31;
H33 = (P(2) * P(5))/H32;
H34 = P(4) - H33;
H35 = (P(4) * P(1))/P(2);
H36 = P(3) - H35;
H3 = H36/H34
% Hitung H4
H41 = (P(1)*P(4))/P(2);
H42 = (P(3) - H41);
H43 = (P(2) * P(5))/H42;
H44 = P(4) - H43;
H4 = H44/P(5)
%
fprintf('Nilai H1           = %10.4g \n',H1)
fprintf('Nilai H2           = %10.4g \n',H2)
fprintf('Nilai H3           = %10.4g \n',H3)
fprintf('Nilai H4           = %10.4g \n',H4)
%
if ((H4>0) & (H3>0) & (H2>0) & (H1>0))
    disp('Sistem Stabil')
else
    disp('Sistem Tidak Stabil')
end
%

```

```

else if (N == 3) & (length(P)==(N+1))
% Hitung H1
H1 = P(1)/P(2);
% Hitung H2
H21 = (P(1)*P(4))/P(2);
H22 = P(3) - H21;
H2 = P(2)/H22;

```

## 1.11 Kode Matlab Untuk Fungsi Nyquist

```

function [kmin,kmax,re, im, wout] = newnyq(a,b,c,d,s)
% NEWNYQ A new & improved version of Nyquist frequency
response
% for SISO continuous-time linear systems (see
NYQUIST).
% NEWNYQ(A,B,C,D) produces a Nyquist plot. The
frequency
% range, number of points and scaling are set
automatically,
% and a "zoom" feature displays all real-axis
crossings.
% In addition, the k range(s) for closed-loop
stability are
% reported, and the number of unstable closed-loop
poles for
% -1/k on various regions of the real axis are
displayed.
%
% NEWNYQ(A,B,C,D,1) will cause the right-half-plane
mapping
% of  $G(s) = C(sI-A) B + D$  to be indicated by
hatching.
%
% [KMIN,KMAX] = NEWNYQ(A,B,C,D) will return the
minimum and
% maximum values of K for stability in addition to
plotting.
%
% [KMIN,KMAX,RE,IM,W] = NEWNYQ(A,B,C,D) will return
the real
% and imaginary parts of  $G(jW)$  in addition, with no
plot.
%
% NEWNYQ(NUM,DEN) and NEWNYQ(NUM,DEN,1) are
corresponding

```

```

%          variants for G(s) provided in ratio of polynomial
form.
%
%          C. Chan and J.H. Taylor, Univ. of New Brunswick,
Feb. 1997.

% 96 May 13,14,15,21,22,23,24,27,28,29,30 June 3, 16, 21, 22,
24
% July 16, 17, 18 Aug 12,13,16,17,18,19 Sept 21, Nov
15,18,21,27
% 97 May 6,12,16,21,22,23,24 June 1,3
% 2004 august 23
% 2004 december 20 - changed clnum to clden to make more
sense! JHT

if nargin == 2 | nargin == 3,
    if size(a,1)>1 | size(b,1)>1,
        error('num and den must row vectors');
    end
    [num,den]=clean(a,b);

    if length(num) > length(den),
        error('order of den must be greater than or equal to
num');
    else
        [Gre, Gim, w] = nyq4p2(a,b);
        % obtain all w root locations on real axis of positive
w
        [Grootloc,freq] = findrt(num,den);
    end
elseif nargin == 4 | nargin == 5,
    if isempty(abcdchk(a,b,c,d)),
        [Gre, Gim, w] = nyq4p2(a,b,c,d);
        [Grootloc,freq,num,den]=findrt(a,b,c,d);
    else
        error(abcdchk(a,b,c,d));
    end
elseif nargin == 0,
    nyquist; return;
else
    error('incorrect number of arguments ');
end
[Grootloc,freq]=addr(num,den,Grootloc,freq);
[Gre,Gim,w]=addp(Gre,Gim,w,num,den);
range = region(Grootloc);
limit=wsiz(Gre,Gim);

```

```

tpt1 = testpt(range,limit);
clds=clden(num,den, tpt1);
[spos,n1] = stab1(clds);
kregion1=kreg(spos,range);
if nargout==0,
    pkreg(kregion1);
end
% take care of the kmin, kmax output if requested
if nargout == 2,
    pkreg(kregion1);
    if size(kregion1,1) ~= 0,
        kmin = kregion1(:,1);
        kmax = kregion1(:,2);
    else
        kmin = [];
        kmax = [];
    end
end
pos = pt2nd(Gre,Gim);

% add points to ensure both pos and Groot have the same size
if length(Grootloc) ~= length(pos),
    [Gre,Gim,w]=addp(Gre,Gim,w,num,den,Grootloc,freq);
end
% take care of the output if requested (plot not included)
if nargout == 5,
    re=Gre; im=Gim; wout=w;
    kmin = kregion1(:,1);
    kmax=kregion1(:,2);
    return;
end
[sort_freq,sort_ind] = sort(freq);
Groot=Grootloc(sort_ind);

% for Matlab v5, must initialize ymax
ymax=[];

for k=1: length(pos)-1,
    ymax(k,:) = max(abs( Gim(pos(k):pos(k+1)) ) );
end

ind=locate(ymax,Gre,Gim,Groot);

% set up the first figure
%% setfig; No: don't pop another figure - JHT 22 Nov 2005
if ~isempty(ind),

```

```

        zoomr(ind, Groot, num, den, Gre, Gim, pos, range,
n1,limit);
else
    nyq4p2(num,den);
    axis(limit);
    tpt=testpt(range,limit);
    prtnum(n1,tpt);
end

if nargin==3,
    if c==1, rplot(Gre,Gim); end
end
if nargin==5,
    if s==1, rplot(Gre,Gim); end
end

```





## **BAB 2. KODE – KODE MATLAB UNTUK ANALISA SISTEM EKSITASI GENERATOR**

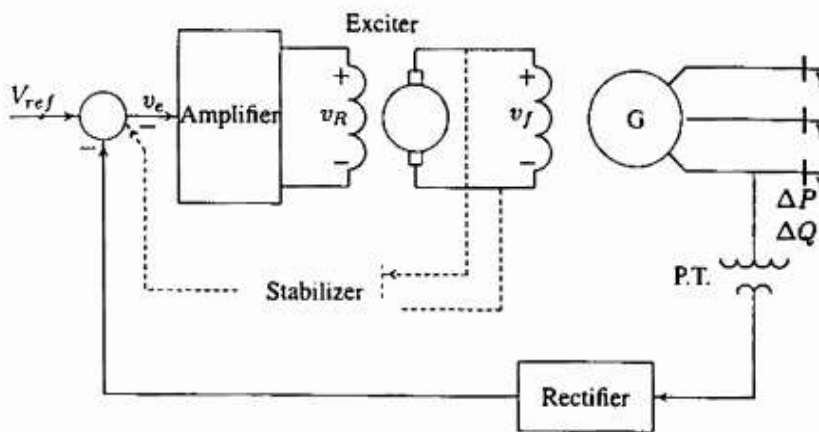
### **2.1 Pendahuluan**

Bagian ini menjelaskan kode – kode Matlab yang digunakan untuk pemodelan dan analisa sistem eksitasi generator yang meliputi pemodelan sistem eksitasi generator, analisa performansi sistem eksitasi generator, analisa kestabilan sistem eksitasi generator dan analisa kekokohan sistem eksitasi generator. Untuk pemodelan sistem eksitasi generator terdiri dari model amplifier, model eksiter, model generator serta pembentukan fungsi alih lingkaran terbuka dan fungsi alih lingkaran tertutup sistem eksitasi generator. Untuk analisa performansi sistem eksitasi generator terdiri dari analisa performansi sistem eksitasi generator dalam domain waktu dan analisa performansi sistem eksitasi generator dalam domain frekuensi. Untuk analisa kestabilan dilakukan dengan dengan metoda Lyapunov pertama, kriteria Routh, kriteria Hurwitz, kriteria *Continued Fraction*, kriteria *Nyquist* dan kriteria Bode. Untuk analisa kekokohan sistem eksitasi generator dilakukan dengan menggunakan nilai puncak maksimum.

### **2.2 Pemodelan Sistem Eksitasi Generator**

Sistem eksitasi adalah suatu peralatan yang bertugas menjaga tegangan dan daya reaktif generator agar tetap pada nilai kerja yang diinginkan. Suatu kenaikan daya reaktif pada sisi beban akan mengakibatkan penurunan magnitude tegangan terminal. Penurunan tegangan terminal ini kemudian akan disensor oleh suatu potensial transformator. Selanjutnya tegangan terminal akan disearahkan dan dibandingkan dengan suatu titik nilai acuan. Pengatur sinyal kesalahan penguat akan mengatur tegangan eksitasi sehingga tegangan eksitasi generator akan meningkat. Jika tegangan eksitasi meningkat maka daya tegangan yang dibangkitkan oleh generator akan meningkat pula.

Sistem eksitasi generator merupakan elemen penting untuk membentuk profil tegangan terminal generator yang stabil. Sistem pengoperasian unit eksitasi generator ini berfungsi untuk menjaga agar tegangan generator tetap konstan dengan kata lain generator akan tetap mengeluarkan tegangan yang selalu stabil tidak terpengaruh pada perubahan beban yang selalu berubah-ubah, dikarenakan beban sangat mempengaruhi tegangan keluaran generator. Rangkaian sederhana dari sistem eksitasi generator ini diperlihatkan pada Gambar 2.1 berikut

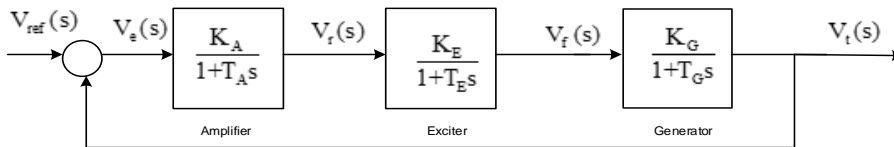


Gambar 2.1 Rangkaian Sederhana Sistem Eksitasi Generator (Saadat, 1999)

Kenaikan daya reaktif disisi beban akan berakibat penurunan magnitude tegangan terminal. Penurunan tegangan terminal ini kemudian akan disensor oleh suatu potensial transformator. Selanjutnya tegangan terminal akan disearahkan dan dibandingkan dengan suatu titik nilai acuan. Pengatur sinyal kesalahan penguat akan mengatur tegangan eksitasi sehingga tegangan eksitasi generator akan meningkat. Jika tegangan eksitasi meningkat maka daya yang dibangkitkan oleh generator akan meningkat pula.

Prinsip kerja dari sistem eksitasi generator adalah mengatur arus penguatan pada eksiter. Apabila tegangan keluaran generator di bawah tegangan nominal tegangan generator, maka sistem eksitasi akan memperbesar arus penguatan pada eksiter. Sebaliknya apabila tegangan keluaran generator melebihi tegangan nominal generator maka sistem eksitasi

akan mengurangi arus penguatan pada eksiter. Dengan demikian apabila terjadi perubahan tegangan keluaran generator akan dapat distabilkan oleh sistem eksitasi secara otomatis. Rangkaian regulator bekerja dengan mendeteksi tegangan keluaran dari generator utama dan menghasilkan suatu sinyal kendali yang sesuai dengan perubahan sinyal keluaran generator yang kemudian diteruskan ke rangkaian penyalan untuk mengatur sudut penyalan penyearah. Dengan mengatur sudut penyalan penyearah, maka besar kecilnya arus eksitasi untuk generator utama dapat diatur. Pengaturan tegangan ini diperlukan untuk menghasilkan tegangan keluaran yang stabil dalam proses pembangkitan energi listrik. Parameter-parameter yang harus diperhatikan dalam perancangan sistem eksitasi meliputi antara lain gain amplifier, gain eksiter, gain sensor, gain generator, dan gain stabilizer. Untuk sistem eksitasi generator diperlihatkan dengan diagram blok pada Gambar 2.2 berikut



Gambar 2.2 Diagram Blok Model Sistem Eksitasi Generator (Saadat,1999)

Adapun elemen-elemen sistem eksitasi generator akan dijelaskan pada bagian berikut ini

### 2.2.1 Model Amplifier

Dalam sistem eksitasi, *amplifier* dapat berupa *magnetic amplifier*, *rotating amplifier* atau sistem *amplifier* elektronik. Model *amplifier* direpresentasikan dalam sebuah sistem orde satu dengan sebuah faktor penguatan dan konstanta waktu. Fungsi alih *amplifier* dinyatakan pada persamaan (2.1) berikut (Saadat,1999)

$$\frac{V_R(s)}{V_E(s)} = \frac{K_A}{1 + \tau_A s} \quad (2.1)$$

Nilai faktor penguatan dari amplifier  $K_A$  memiliki rentang nilai dari 10.0000 sampai 40.000 sedangkan untuk konstanta waktu amplifier  $\tau_A$  memiliki rentang nilai dari 0.0200 detik sampai 0.1000 detik.

### 2.2.2 Model Eksiter

Sistem eksitasi adalah sistem pasokan listrik arus searah (DC) sebagai penguatan pada generator listrik atau sebagai pembangkit medan magnet, sehingga suatu generator dapat menghasilkan energi listrik dengan besar tegangan keluaran generator bergantung pada besarnya arus eksitasinya. Sebuah *Exciter* dapat dimodelkan dengan sebuah sistem orde satu dengan bentuk fungsi alih dari sistem *Exciter* dinyatakan dengan persamaan (2.2) berikut (Saadat,1999)

$$\frac{V_F(s)}{V_R(s)} = \frac{K_E}{1 + \tau_E s} \quad (2.2)$$

dimana  $K_E$  adalah nilai faktor penguatan dari eksiter dan  $\tau_E$  adalah konstanta waktu eksiter. Nilai konstanta penguatan eksiter ini memiliki rentang nilai dari 1.0000 sampai 10.0000 dan nilai konstanta waktu eksiter memiliki rentang nilai dari 0.4000 sampai 1.0000.

### 2.2.3 Model Generator

Emf yang dibangkitkan oleh generator sinkron merupakan fungsi dari proses magnetisasi sedangkan tegangan terminal tergantung dari beban. Untuk model linier sebuah generator dapat didekati dengan sebuah sistem orde satu dengan bentuk fungsi alih dinyatakan dengan persamaan (2.3) berikut (Saadat,1999)

$$\frac{V_R(s)}{V_E(s)} = \frac{K_G}{1 + \tau_G s} \quad (2.3)$$

Dimana  $K_G$  adalah nilai faktor penguatan dari generator memiliki rentang nilai dari 0.7000 sampai 1.0000 sedangkan  $\tau_G$  adalah konstanta waktu

generator memiliki rentang nilai dari 1.0000 detik sampai 2.0000 detik pada keadaan beban nol sampai keadaan beban penuh.

#### 2.2.4 Fungsi Alih Sistem Eksitasi Generator

Berdasarkan Gambar 2.2 diperoleh fungsi alih lingkaran terbuka dan fungsi alih lingkaran tertutup yang diperlihatkan pada persamaan (2.4) dan (2.5) berikut

$$G(s)H(s) = \frac{K_A K_E K_G}{(1 + T_A s)(1 + T_E s)(1 + T_G s)} \quad (2.4)$$

$$\frac{V_t(s)}{V_{ref}(s)} = \frac{K_A K_E K_G}{(1 + T_A s)(1 + T_E s)(1 + T_G s) + K_A K_E K_G} \quad (2.5)$$

dimana  $V_t(s)$  adalah tegangan terminal generator dan  $V_{ref}(s)$  adalah tegangan referensi. Adapun nilai dari masing-masing parameter diagram blok pada Gambar 2.2 diperlihatkan pada Tabel 2.1 berikut

Tabel 2.1 Nilai Parameter Sistem Eksitasi Generator

Parameter	Nilai
$K_A$	10.0000
$T_A$	0.1000
$K_E$	1.0000
$T_E$	0.4000
$K_G$	1.0000
$T_G$	1.0000

Dengan mensubstitusi nilai parameter pada Tabel 2.1 ke diagram blok pada Gambar 2.2 diperoleh fungsi alih lingkaran terbuka dan fungsi alih lingkaran tertutup sistem eksitasi generator. Untuk fungsi alih lingkaran terbuka dinyatakan dengan persamaan (2.6) berikut

$$G(s)H(s) = \frac{10.0000}{0.0400s^3 + 0.5400s^2 + 1.5000s + 1.0000} \quad (2.6)$$

Untuk fungsi alih lingkaran tertutup dinyatakan dengan persamaan (2.7) berikut

$$\frac{V_t(s)}{V_{ref}(s)} = \frac{10.0000}{0.0400s^3 + 0.5400s^2 + 1.5000s + 11.0000} \quad (2.7)$$

## 2.3 Kode Matlab Fungsi Alih Sistem Eksitasi Generator

Kode Matlab untuk fungsi alih lingkaran terbuka dan fungsi alih lingkaran tertutup dari sistem eksitasi generator sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
%
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi Generator
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta   1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te   1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg   1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi
Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
```

### Hasil program

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator  
sys\_ol =

```

          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator

```
sys_cl =  

$$\frac{10}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11}$$

```

Continuous-time transfer function.

## 2.4 Kode Matlab Analisa Kesalahan Sistem Eksitasi Generator

Kode Matlab untuk analisa kesalahan sistem eksitasi generator sebagai berikut

```
clc  
clear all  
close all  
close all hidden  
%  
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi Generator Tipe Arus  
% Searah  
Ka = 10.0000;  
Ta = 0.1000;  
Ke = 1.0000;  
Te = 0.4000;  
Kg = 1.0000;  
Tg = 1.0000;  
%  
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator Tipe  
% Arus Searah  
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator  
Tipe Arus Searah')  
num_A = [ 0 Ka];  
den_A = [ Ta 1];  
num_E = [ 0 Ke];  
den_E = [ Te 1];  
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);  
num_2 = [ 0 Kg];  
den_2 = [ Tg 1];  
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);  
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)  
%  
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator Tipe  
% Arus Searah  
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator  
Tipe Arus Searah')
```



```

[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Perhitungan Konstanta Kesalahan dan Kesalahan Keadaan
Mantap Sistem Eksitasi Generator
disp('Perhitungan Konstanta Kesalahan dan Kesalahan Keadaan
Mantap Sistem Eksitasi Generator')
Error tf(num_ol,den_ol)
%
% Tanggapan Kesalahan Sistem Eksitasi Generator Tipe Arus
Searah Terhadap Masukan Undak
% Satuan
figure
sys_e = tf(1,den_cl);
step(sys_e)
ylabel('Kesalahan Tegangan (pu)')
xlabel('Waktu')
title('Tanggapan Kesalahan Keadaan Mantap Sistem Eksitasi
Generator Tipe Arus Searah')
grid on

```

## Hasil program

Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator Tipe Arus Searah

```

sys_ol =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1

```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator Tipe Arus Searah

```

sys_cl =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11

```

Continuous-time transfer function.

Perhitungan Konstanta Kesalahan dan Kesalahan Keadaan Mantap Sistem Eksitasi Generator

Tipe Sistem adalah 0

Konstanta Kesalahan Posisi (Kp) adalah 10.0000

Konstanta Kesalahan Kecepatan (Kv) adalah 0.0000

Konstanta Kesalahan Percepatan (Ka) adalah 0.0000

Kesalahan Keadaan Mantap Untuk Masukan Undak adalah 0.0909  
 Kesalahan Keadaan Mantap Untuk Masukan Laju adalah Inf  
 Kesalahan Keadaan Mantap Untuk Masukan Parabolik adalah Inf

## 2.5 Kode Matlab Untuk Analisa Peralihan Sistem Eksitasi Generator

Kode Matlab untuk analisa peralihan sistem eksitasi generator sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi Generator
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta   1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te   1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg   1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Analisa Peralihan Sistem Eksitasi Generator
disp('Analisa Peralihan Sistem Eksitasi Generator')
P = stepinfo(sys_cl);
Tr = P.RiseTime;
Tp = P.PeakTime;
Ts = P.SettlingTime;
```

```

N_p = P.Peak;
Mp   = P.Overshoot;
%
t = 0:0.01:20.00;
[y,x,t] = step(num_cl,den_cl,t);
k = max(y);
tv = sum(abs(diff(y)));
k1 = sort(y, 'descend');
k2 = k1(1);
k3 = k1(2);
K = k3/k2;
e1 = abs(1 - dcgain(sys_cl));
EV = (tv/abs(dcgain(sys_cl)));
%
fprintf('Nilai Waktu Naik           = %10.5g detik\n',Tr)
fprintf('Nilai Waktu Puncak         = %10.5g detik\n',Tp)
fprintf('Nilai Waktu Keadaan Mantap = %10.5g detik\n',Ts)
fprintf('Nilai Puncak                 = %10.5g \n',N_p)
fprintf('Nilai Lewatan Maksimum       = %10.5g\n',Mp)
fprintf('Total Variasi                   = %10.5g \n',tv)
fprintf('Decay Ratio                     = %10.5g \n',K)
fprintf('Steady State Offset              = %10.5g \n',e1)
fprintf('Excess Variation                 = %10.5g \n',EV)
%
% Tanggapan Tegangan Sistem Eksitasi Generator Terhadap
Masukan Undak Satuan
step(sys_cl);
ylabel('Tegangan (pu)')
xlabel('Waktu (detik)')
grid on
title('Tanggapan Tegangan Sistem Eksitasi Generator Terhadap
Masukan Undak Satuan ')

```

## Hasil program

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator

```
sys_ol =
```

$$\frac{10}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1}$$

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator

```
sys_cl =
```

$$10$$

$$0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11$$

Continuous-time transfer function.

Analisa Peralihan Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator

Nilai Waktu Naik	=	0.2636 detik
Nilai Waktu Puncak	=	0.75062 detik
Nilai Waktu Keadaan Mantap	=	6.2147 detik
Nilai Puncak	=	1.4686
Nilai Lewatan Maksimum	=	61.545
Total Variasi	=	4.2262
Decay Ratio	=	0.99965
Steady State Offset	=	0.090909
Excess Variation	=	4.6488

## 2.6 Kode Matlab Untuk Analisa Performansi Dalam Domain Frekuensi Untuk Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator

Kode Matlab untuk analisa performansi sistem eksitasi generator dalam domain frekuensi untuk fungsi alih lingkaran terbuka sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta    1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te    1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg    1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
```

```

sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi
Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Performansi Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dalam
Domain
% Frekuensi
disp('Performansi Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dalam Domain Frekuensi')
y = allmargin(sys_ol);
GM = y.GainMargin;
f_GM = y.GMFrequency;
PM = y.PhaseMargin;
f_PM = y.PMFrequency;
fprintf('Margin Penguatan = %10.5g \n',GM)
fprintf('Frekuensi Margin Penguatan = %10.5g
rad/detik\n',f_GM)
fprintf('Margin Fasa = %10.5g
derajat\n',PM)
fprintf('Frekuensi Margin Fasa = %10.5g
rad/detik\n',f_PM)
%
% Diagram Bode Sistem Eksitasi Generator
margin(sys_ol)
grid on

```

## Hasil program

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator

```

sys_ol =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1

```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator

```

sys_cl =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11

```

Continuous-time transfer function.

Performansi Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dalam Domain Frekuensi

Margin Penguatan	=	1.925
Frekuensi Margin Penguatan	=	6.1238 rad/detik
Margin Fasa	=	18.594 derjat
Frekuensi Margin Fasa	=	4.405 rad/detik

## **2.7 Kode Matlab Untuk Analisa Performansi Dalam Domain Frekuensi Untuk Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator**

Kode Matlab untuk analisa performansi sistem eksitasi generator dalam domain frekuensi untuk fungsi alih lingkar tertutup sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0 Ka];
den_A = [ Ta 1];
num_E = [ 0 Ke];
den_E = [ Te 1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0 Kg];
den_2 = [ Tg 1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
```

```

% Performansi Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dalam Domain Frekuensi
disp('Performansi Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dalam Domain Frekuensi ')
[gpeak,fpeak] = getPeakGain(sys_cl);
bw = bandwidth(sys_cl);
fprintf('Lebar Pita                                = %10.5g
rad/detik\n',bw)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi                    = %10.5g
\n',gpeak)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi                    = %10.5g
dB\n',mag2db(gpeak))
fprintf('Frekuensi Puncak Resonansi                = %10.5g
rad/detik\n',fpeak)
%
% Diagram Magnitude Bode Sistem Eksitasi Generator
bodemag(sys_cl)
grid on

```

### Hasil program

Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator

```

sys_ol =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1

```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator

```

sys_cl =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11

```

Continuous-time transfer function.

Performansi Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dalam Domain Frekuensi

Lebar Pita	=	6.9693 rad/detik
Nilai Puncak Resonansi	=	3.3009
Nilai Puncak Resonansi	=	10.373 dB
Frekuensi Puncak Resonansi	=	4.643 rad/detik

## 2.8 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan

Bagian ini berisi kode – kode Matlab yang digunakan dalam analisa kestabilan sistem eksitasi generator. Adapun metoda – metoda yang digunakan dalam analisa kestabilan meliputi metoda Lyapunov Pertama, kriteria Routh, kriteria Hurwitz, kriteria Continued Fraction, kriteria Nyquist dan kriteria Bode.

### 2.8.1 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Metoda Lyapunov Pertama

Kode Matlab untuk analisa kestabilan sistem eksitasi generator dengan metoda Lyapunov pertama sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta   1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te   1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg   1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
```



```
%  
% Periksa Kestabilan Dengan Metoda Lyapunov Pertama Untuk  
Sistem Eksitasi Generator  
disp('Nilai Eigen Sistem Eksitasi Generator')  
K = pole(sys_cl)
```

### Hasil program

Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator

```
sys_ol =  
          10  
-----  
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator

```
sys_cl =  
          10  
-----  
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11
```

Continuous-time transfer function.

Nilai Eigen Sistem Eksitasi Generator

```
K =  
-12.2703 + 0.0000i  
-0.6148 + 4.6940i  
-0.6148 - 4.6940i
```

## 2.8.2 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Kriteria Routh

Kode Matlab untuk analisa kestabilan sistem eksitasi generator dengan kriteria Routh sebagai berikut

```
clc  
clear all  
close all  
close all hidden  
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi  
Ka = 10.0000;  
Ta = 0.1000;  
Ke = 1.0000;  
Te = 0.4000;  
Kg = 1.0000;  
Tg = 1.0000;  
%  
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator  
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator')  
num_A = [ 0    Ka];  
den_A = [ Ta    1];  
num_E = [ 0    Ke];
```

```

den_E = [ Te 1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0 Kg];
den_2 = [ Tg 1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi
Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Kriteria Routh
disp('Deret Routh Sistem Eksitasi Generator ')
p = myRouth(den_cl)

```

## Hasil program

Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator

```

sys_ol =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1

```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator

```

sys_cl =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11

```

Continuous-time transfer function.

Deret Routh Sistem Eksitasi Generator

```

p =
[ 1/25, 3/2]
[ 27/50, 11]
[ 37/54, 0]
[ 11, 0]

```

### 2.8.3 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Kriteria Hurwitz

Kode Matlab untuk analisa kestabilan sistem eksitasi generator dengan kriteria Hurwitz sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta   1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te   1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg   1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Kriteria Hurwitz
disp('Nilai Determinan Kestabilan Sistem Eksitasi Generator ')
hurwitz(den_cl)
```

### Hasil program

Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator

```
sys_ol =  
  
          10  
-----  
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator

```
sys_cl =  
  
          10  
-----  
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11
```

Continuous-time transfer function.

Nilai Determinan Kestabilan Sistem Eksitasi Generator

Nilai Determinan ke 1: 0.54

Nilai Determinan ke 2: 0.37

Nilai Determinan ke 3: 4.07

Sistem Bersifat Stabil

## 2.8.4 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Kriteria *Continued Fraction*

Kode Matlab untuk analisa kestabilan sistem eksitasi generator dengan kriteria *Continued Fraction* sebagai berikut

```
clc  
clear all  
close all  
close all hidden  
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi  
Ka = 10.0000;  
Ta = 0.1000;  
Ke = 1.0000;  
Te = 0.4000;  
Kg = 1.0000;  
Tg = 1.0000;  
%  
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator  
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator')  
num_A = [ 0    Ka];  
den_A = [ Ta   1];  
num_E = [ 0    Ke];
```

```

den_E = [ Te 1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0 Kg];
den_2 = [ Tg 1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi
Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Kriteria Continued Fraction
disp('Nilai Indeks Kestabilan Sistem Eksitasi Generator ')
fraction(den_cl)

```

## Hasil program

Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator  
sys\_ol =

$$\frac{10}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1}$$

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator  
sys\_cl =

$$\frac{10}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11}$$

Continuous-time transfer function.

Nilai Indeks Kestabilan Sistem Eksitasi Generator

Nilai H1 = 0.07407

Nilai H2 = 0.7881

Nilai H3 = 0.06229

Sistem Stabil

### 2.8.5 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Kriteria Nyquist

Kode Matlab untuk analisa kestabilan sistem eksitasi generator dengan kriteria Nyquist sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta    1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te    1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg    1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Kriteria Nyquist
disp('Diagram Nyquist Sistem Eksitasi Generator ')
figure
newnyq(num_ol,den_ol)
grid on
```

### Hasil program

Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator

```
sys_ol =  
          10  
-----  
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator

```
sys_cl =  
          10  
-----  
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11
```

Continuous-time transfer function.

stable k range

-0.1 < k < 1.925

## 2.8.6 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Kriteria Bode

Kode Matlab untuk analisa kestabilan sistem eksitasi generator dengan kriteria Bode sebagai berikut

```
clc  
clear all  
close all  
close all hidden  
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi  
Ka = 10.0000;  
Ta = 0.1000;  
Ke = 1.0000;  
Te = 0.4000;  
Kg = 1.0000;  
Tg = 1.0000;  
%  
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator  
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator')  
num_A = [ 0    Ka];  
den_A = [ Ta    1];  
num_E = [ 0    Ke];  
den_E = [ Te    1];  
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
```



```

num_2 = [ 0   Kg];
den_2 = [ Tg  1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi
Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Kriteria Bode
disp('Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Kriteria Bode')
[Gm,Pm,Wgm,Wpm] = margin(sys_ol);
K = 1/Gm;
fprintf('Nilai Indeks Bode      = %10.5g  \n',K)
if (K>0)
    disp('Sistem Stabil')
else
    disp('Sistem Tidak Stabil')
end

```

### Hasil program

Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator  
sys\_ol =

```

          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1

```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator  
sys\_cl =

```

          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11

```

Continuous-time transfer function.

Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Kriteria  
Bode  
Nilai Indeks Bode = 0.51948  
Sistem Stabil

## 2.9 Kode Matlab Untuk Analisa Kekokohan Sistem Eksitasi Generator

Kode Matlab untuk analisa kekokohan sistem eksitasi generator sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta   1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te   1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg   1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi
Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Fungsi Alih Fungsi Sensitivitas
disp('Fungsi Alih Fungsi Sensitivitas')
S = 1 - sys_cl
%
% Fungsi Alih Fungsi Sensitivitas Komplementer
disp('Fungsi Alih Fungsi Sensitivitas Komplementer')
T = sys_cl
%
% Kriteria Puncak Maksimum
Ms =norm((1 - sys_cl),inf,1e-4);
```

```

Mt =norm(sys_cl,inf,1e-4);
disp('Nilai Puncak Maksimum')
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas           =
%10.5g  \n',Ms)
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas Komplementer =
%10.5g  \n',Mt)
%
% Tanggapan Fungsi Sensitivitas dan Fungsi Sensitivitas
Komplementer
loops = loopsens(tf(num_ol,den_ol),1);
bode(loops.Si,'r',loops.Ti,'b')
hleg = legend('Fungsi Sensitivitas','Fungsi Sensitivitas
Komplementer');
grid on

```

## Hasil program

Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator

```

sys_ol =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1

```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator

```

sys_cl =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11

```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Fungsi Sensitivitas

```

S =
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11

```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Fungsi Sensitivitas Komplementer

```

T =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11

```

Continuous-time transfer function.

Nilai Puncak Maksimum

Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas = 3.7636

Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas Komplementer = 3.3009

## **BAB 3. KODE – KODE MATLAB UNTUK SISTEM KENDALI EKSITASI GENERATOR DENGAN PIDTOOL MODEL PARALEL**

### **3.1 Pendahuluan**

Bagian ini menjelaskan kode – kode Matlab yang digunakan untuk perancangan dan analisa sistem kendali eksitasi generator dengan menggunakan bantuan perangkat lunak Matlab. Fasilitas Matlab yang digunakan untuk perancangan pengendali adalah PIDTool dengan model paralel.

### **3.2 Kriteria Perancangan Pengendali Untuk Sistem Eksitasi Generator**

Perancangan pengendali untuk tanggapan tegangan sistem eksitasi generator dilakukan dengan beberapa kriteria yang meliputi kriteria domain waktu, kriteria domain frekuensi, kriteria kestabilan dan kriteria kekokohan. Adapun rincian untuk masing – masing kriteria perancangan sebagai berikut

- a. Untuk domain waktu, kriteria perancangan pengendali untuk tanggapan tegangan sistem eksitasi generator terdiri dari kriteria kecepatan tanggapan dan kriteria kualitas tanggapan serta kriteria kesalahan tanggapan. Adapun kriteria perancangan pengendali untuk tanggapan tegangan sistem eksitasi generator sebagai berikut
  1. Untuk kriteria kecepatan tanggapan, tanggapan tegangan sistem eksitasi mempunyai waktu naik kurang dari 0.2000 detik, waktu keadaan mantap kurang dari 1.5000 detik dan waktu puncak kurang dari 0.7500 detik.
  2. Untuk kriteria kualitas tanggapan, tanggapan tegangan sistem eksitasi mempunyai lewatan maksimum kurang dari 20.0000 %, *decay ratio* kurang dari 0.3000 dan *steady state offset* yang kecil.

3. Untuk kriteria kesalahan, tanggapan tegangan sistem eksitasi generator mempunyai tingkat kesalahan sebesar 20.0000 %.
- b. Untuk domain frekuensi, kriteria perancangan pengendali untuk tanggapan tegangan sistem eksitasi generator mempunyai nilai margin penguatan besar dari 6.0000 dB, nilai margin fasa berkisar antara  $30^0$  sampai  $60^0$  dan lebar pita yang lebih lebar jika dibandingkan dengan lebar pita tanggapan sistem eksitasi generator tanpa pengendali.
- c. Untuk kriteria kestabilan, analisa kestabilan tanggapan tegangan sistem kendali eksitasi generator dengan pengendali akan dilakukan dengan menggunakan beberapa metoda diantaranya metoda Lyapunov pertama, kriteria Routh, kriteria Hurwitz, kriteria *Continued Fraction*, kriteria *Nyquist* dan Kriteria Bode.
- d. Untuk kriteria kekokohan, tanggapan tegangan sistem kendali eksitasi generator mempunyai nilai puncak maksimum sensitivitas kurang dari 2.0000 (6.0000 dB) dan nilai puncak maksimum sensitivitas komplementer kurang dari 1.2500 (2.0000 dB).

### 3.3 Kode Matlab Untuk Perancangan Pengendali Proporsional (P) Dengan PIDTool Model Paralel

Kode Matlab untuk perancangan pengendali Proporsional (P) sistem eksitasi generator dengan PIDTool model paralel sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta    1];
num_E = [ 0    Ke];
```

```

den_E = [ Te 1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0 Kg];
den_2 = [ Tg 1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Perancangan Pengendali Dengan PIDTool
pidtool(sys_ol,'p')

```

### Hasil program

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator

```
sys_ol =
```

$$\frac{10}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1}$$

Continuous-time transfer function.

## 3.4 Kode Matlab Untuk Tanggapan Pengendali Proporsional (P)

Kode Matlab untuk tanggapan pengendali Proporsional (P) sistem eksitasi generator dengan PIDTool model paralel sebagai berikut

```

clc
clear all
close all
close all hidden
%
Kp      = 0.67180;
num_ol  = [ 0.0000  0.0000  0.0000  6.7180];
den_ol  = [ 0.0400  0.5400  1.5000  1.0000];
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)

```

```

%
% Fungsi Alih Keluaran Pengendali Proporsional (P) Terhadap
Masukan Undak Satuan
disp('Fungsi Alih Keluaran Pengendali Proporsional (P)
Terhadap Masukan Undak Satuan')
sys_U = tf(Kp,den_cl)
%
% Tanggapan Keluaran Pengendali Proporsional Terhadap Masukan
Undak
% Satuan
figure
step(sys_U)
ylabel('Keluaran Pengendali U(s)')
xlabel('Waktu')
title('Tanggapan Keluaran Pengendali Proporsional (P)
Terhadap Masukan Undak Satuan')
grid on

```

### Hasil program

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```

sys_ol =
          6.718
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1

```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```

sys_cl =
          6.718
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 7.718

```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Keluaran Pengendali Proporsional (P) Terhadap Masukan Undak Satuan

```

sys_U =
          0.6718
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 7.718

```

Continuous-time transfer function.



### 3.5 Kode Matlab Untuk Analisa Kesalahan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

Kode Matlab untuk analisa kesalahan sistem eksitasi generator dengan pengendali Proporsional (P) sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta   1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te   1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg   1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi
Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Fungsi Alih Kesalahan Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Kesalahan Keadaan Mantap Sistem Eksitasi
Generator ')
sys_e = tf(1,den_cl)
%
% Perhitungan Konstanta Kesalahan dan Kesalahan Keadaan
Mantap Sistem Eksitasi Generator
disp('Perhitungan Konstanta Kesalahan dan Kesalahan Keadaan
Mantap Sistem Eksitasi Generator')
Errortf(num_ol,den_ol)
```

```

%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
num_ol_p = [ 0.0000    0.0000    0.0000    6.7180];
den_ol_p = [ 0.0400    0.5400    1.5000    1.0000];
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional(P)')
sys_ol_p = tf(num_ol_p,den_ol_p)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
[num_cl_p,den_cl_p] = cloop(num_ol_p,den_ol_p,-1);
sys_cl_p = tf(num_cl_p,den_cl_p)
%
% Fungsi Alih Kesalahan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Kesalahan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Pengendali Proporsional (P)')
sys_e_p = tf(1,den_cl_p)
%
% Perhitungan Konstanta Kesalahan dan Kesalahan Keadaan
Mantap Sistem
% Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)
disp('Perhitungan Konstanta Kesalahan dan Kesalahan Keadaan
Mantap Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali
Proporsional (P) ')
Errorrtf(num_ol_p,den_ol_p)
%
% Tanggapan Kesalahan Sistem Eksitasi Generator Tanpa dan
Dengan Pengendali Proporsional (P) Terhadap Masukan Undak
% Satuan
figure
step(sys_e, '-', sys_e_p, '--')
hleg = legend('Tanpa Pengendali Proporsional (P)', 'Dengan
Pengendali Proporsional (P)');
ylabel('Kesalahan Tegangan (pu)')
xlabel('Waktu')

```

```
title('Tanggapan Kesalahan Keadaan Mantap Sistem Eksitasi
Generator Tanpa dan Dengan Pengendali Proporsional (P)')
grid on
```

### Hasil program

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator

```
sys_ol =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator

```
sys_cl =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Kesalahan Keadaan Mantap Sistem Eksitasi Generator

```
sys_e =
          1
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11
```

Continuous-time transfer function.

Perhitungan Konstanta Kesalahan dan Kesalahan Keadaan Mantap Sistem Eksitasi Generator

Tipe Sistem adalah 0

Konstanta Kesalahan Posisi (Kp) adalah 10.0000

Konstanta Kesalahan Kecepatan (Kv) adalah 0.0000

Konstanta Kesalahan Percepatan (Ka) adalah 0.0000

Kesalahan Keadaan Mantap Untuk Masukan Undak adalah 0.0909

Kesalahan Keadaan Mantap Untuk Masukan Laju adalah Inf

Kesalahan Keadaan Mantap Untuk Masukan Parabolik adalah Inf

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```
sys_ol_p =
          6.718
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```
sys_cl_p =  
          6.718  
-----  
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 7.718
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Kesalahan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```
sys_e_p =  
          1  
-----  
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 7.718
```

Continuous-time transfer function.

Perhitungan Konstanta Kesalahan dan Kesalahan Keadaan Mantap Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

Tipe Sistem adalah 0

Konstanta Kesalahan Posisi (Kp) adalah 6.7180

Konstanta Kesalahan Kecepatan (Kv) adalah 0.0000

Konstanta Kesalahan Percepatan (Ka) adalah 0.0000

Kesalahan Keadaan Mantap Untuk Masukan Undak adalah 0.1296

Kesalahan Keadaan Mantap Untuk Masukan Laju adalah Inf

Kesalahan Keadaan Mantap Untuk Masukan Parabolik adalah Inf

### **3.6 Kode Matlab Untuk Analisa Peralihan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)**

Kode Matlab untuk analisa peralihan sistem eksitasi generator dengan pengendali Proporsional (P) sebagai berikut

```
clc  
clear all  
close all  
close all hidden  
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi  
Ka = 10.0000;  
Ta = 0.1000;  
Ke = 1.0000;  
Te = 0.4000;  
Kg = 1.0000;
```

```

Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta    1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te    1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg    1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Analisa Peralihan Sistem Eksitasi Generator
disp('Analisa Peralihan Sistem Eksitasi Generator')
P = stepinfo(sys_cl);
Tr = P.RiseTime;
Tp = P.PeakTime;
Ts = P.SettlingTime;
N_p = P.Peak;
Mp = P.Overshoot;
%
t = 0:0.01:20.00;
[y,x,t] = step(num_cl,den_cl,t);
k = max(y);
tv = sum(abs(diff(y)));
k1 = sort(y, 'descend');
k2 = k1(1);
k3 = k1(2);
K = k3/k2;
e1 = abs(1 - dcgain(sys_cl));
EV = (tv/abs(dcgain(sys_cl)));
%
fprintf('Nilai Waktu Naik           = %10.5g detik\n',Tr)
fprintf('Nilai Waktu Puncak         = %10.5g detik\n',Tp)
fprintf('Nilai Waktu Keadaan Mantap    = %10.5g detik\n',Ts)
fprintf('Nilai Puncak                   = %10.5g \n',N_p)
fprintf('Nilai Lewatan Maksimum        = %10.5g\n',Mp)

```

```

fprintf('Total Variasi                                = %10.5g \n',tv)
fprintf('Decay Ratio                                  = %10.5g \n',K)
fprintf('Steady State Offset                          = %10.5g \n',e1)
fprintf('Excess Variation                              = %10.5g \n',EV)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi
Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)')
num_ol_p = [ 0.0000  0.0000  0.0000  6.7180];
den_ol_p = [ 0.0400  0.5400  1.5000  1.0000];
sys_ol_p = tf(num_ol_p,den_ol_p)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
[num_cl_p,den_cl_p] = cloop(num_ol_p,den_ol_p,-1);
sys_cl_p = tf(num_cl_p,den_cl_p)
%
% Analisa Peralihan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Pengendali Proporsional (P)
disp('Analisa Peralihan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Pengendali Proporsional (P) ')
P_p = stepinfo(sys_cl_p);
Tr_p = P_p.RiseTime;
Tp_p = P_p.PeakTime;
Ts_p = P_p.SettlingTime;
N_pp = P_p.Peak;
Mp_p = P_p.Overshoot;
%
t = 0:0.01:20.00;
[y_p,x_p,t] = step(num_cl_p,den_cl_p,t);
k_p = max(y_p);
tv_p = sum(abs(diff(y_p)));
k1_p = sort(y_p,'descend');
k2_p = k1_p(1);
k3_p = k1_p(2);
K_p = k3_p/k2_p;
e1_p = abs(1 - dcgain(sys_cl_p));
EV_p = (tv_p/abs(dcgain(sys_cl_p)));
%
fprintf('Nilai Waktu Naik                                = %10.5g
detik\n',Tr_p)

```

```

fprintf('Nilai Waktu Puncak = %10.5g
detik\n',Tp_p)
fprintf('Nilai Waktu Keadaan Mantap = %10.5g
detik\n',Ts_p)
fprintf('Nilai Puncak = %10.5g \n',N_pp)
fprintf('Nilai Lewatan Maksimum = %10.5g
Persen\n',Mp_p)
fprintf('Total Variasi = %10.5g \n',tv_p)
fprintf('Decay Ratio = %10.5g \n',K_p)
fprintf('Steady State Offset = %10.5g \n',el_p)
fprintf('Excess Variation = %10.5g \n',EV_p)
%
% Tanggapan Tegangan Sistem Eksitasi Generator Terhadap
Masukan Undak
% Satuan Tanpa dan Dengan Pengendali Proporsional (P)
step(sys_cl,'-',sys_cl_p,'--');
hleg = legend('Tanpa Pengendali Proporsional (P)','Dengan
Pengendali Proporsional (P)');
ylabel('Tegangan (pu)')
xlabel('Waktu (detik)')
grid on
title('Tanggapan Tegangan Sistem Eksitasi Generator Tanpa dan
Dengan Pengendali Proporsional (P) Terhadap Masukan Undak
Satuan ')

```

## Hasil program

Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator

```

sys_ol =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1

```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator

```

sys_cl =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11

```

Continuous-time transfer function.

Analisa Peralihan Sistem Eksitasi Generator

```

Nilai Waktu Naik = 0.2636 detik
Nilai Waktu Puncak = 0.75062 detik
Nilai Waktu Keadaan Mantap = 6.2147 detik

```

Nilai Puncak	=	1.4686
Nilai Lewatan Maksimum	=	61.545 Persen
Total Variasi	=	4.2262
Decay Ratio	=	0.99965
Steady State Offset	=	0.090909
Excess Variation	=	4.6488

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```
sys_ol_p =
          6.718
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```
sys_cl_p =
          6.718
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 7.718
```

Continuous-time transfer function.

Analisa Peralihan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

Nilai Waktu Naik	=	0.32801 detik
Nilai Waktu Puncak	=	0.88133 detik
Nilai Waktu Keadaan Mantap	=	4.2442 detik
Nilai Puncak	=	1.2714
Nilai Lewatan Maksimum	=	46.067 Persen
Total Variasi	=	2.4445
Decay Ratio	=	0.99985
Steady State Offset	=	0.12957
Excess Variation	=	2.8083

### 3.7 Kode Matlab Untuk Analisa Performansi Dalam Domain Frekuensi Untuk Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

Kode Matlab untuk analisa performansi dalam domain frekuensi sistem eksitasi generator dengan pengendali Proporsional (P) untuk fungsi alih lingkaran terbuka sebagai berikut



```

clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi Tanpa Stabilizer
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta    1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te    1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg    1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi
Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Performansi Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dalam
Domain
% Frekuensi
disp('Performansi Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dalam Domain Frekuensi')
y = allmargin(sys_ol);
GM = y.GainMargin;
f_GM = y.GMFrequency;
PM = y.PhaseMargin;
f_PM = y.PMFrequency;
fprintf('Margin Penguatan           = %10.5g  \n',GM)
fprintf('Frekuensi Margin Penguatan = %10.5g
rad/detik\n',f_GM)
fprintf('Margin Fasa                   = %10.5g
derjat\n',PM)

```

```

fprintf('Frekuensi Margin Fasa          = %10.5g
rad/detik\n',f_PM)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
num_ol_p = [ 0.0000    0.0000    0.0000    6.7180];
den_ol_p = [ 0.0400    0.5400    1.5000    1.0000];
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_ol_p = tf(num_ol_p,den_ol_p)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
[num_cl_p,den_cl_p] = cloop(num_ol_p,den_ol_p,-1);
sys_cl_p = tf(num_cl_p,den_cl_p)
%
% Performansi Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P) Dalam Domain Frekuensi
disp('Performansi Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P) Dalam Domain Frekuensi ')
y_p = allmargin(sys_ol_p);
GM_p    = y_p.GainMargin;
f_GM_p  = y_p.GMFrequency;
PM_p    = y_p.PhaseMargin;
f_PM_p  = y_p.PMFrequency;
fprintf('Margin Penguatan              = %10.5g  \n',GM_p)
fprintf('Frekuensi Margin Penguatan    = %10.5g
rad/detik\n',f_GM_p)
fprintf('Margin Fasa                    = %10.5g
derajat\n',PM_p)
fprintf('Frekuensi Margin Fasa          = %10.5g
rad/detik\n',f_PM_p)
%
% Diagram Bode Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali
Proporsional (P)
bode(sys_ol, '-',sys_ol_p, '--')
hleg = legend('Tanpa Pengendali Proporsional (P)', 'Dengan
Pengendali Proporsional (P)');

```

grid on

### Hasil program

Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator

```
sys_ol =  
          10  
-----  
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator

```
sys_cl =  
          10  
-----  
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11
```

Continuous-time transfer function.

Performansi Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dalam Domain Frekuensi

Margin Penguatan	=	1.925
Frekuensi Margin Penguatan	=	6.1238 rad/detik
Margin Fasa	=	18.594 derjat
Frekuensi Margin Fasa	=	4.405 rad/detik

Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```
sys_ol_p =  
          6.718  
-----  
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```
sys_cl_p =  
          6.718  
-----  
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 7.718
```

Continuous-time transfer function.

Performansi Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan			
Pengendali Proporsional (P) Dalam Domain Frekuensi			
Margin Penguatan	=	2.8655	
Frekuensi Margin Penguatan	=	6.1238 rad/detik	
Margin Fasa	=	31.754 derajat	
Frekuensi Margin Fasa	=	3.5257 rad/detik	

### 3.8 Kode Matlab Untuk Analisa Performansi Dalam Domain Frekuensi Untuk Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

Kode Matlab untuk analisa performansi dalam domain frekuensi sistem eksitasi generator dengan pengendali Proporsional (P) untuk fungsi alih lingkar tertutup sebagai berikut

```

clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta    1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te    1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg    1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)

```

```

%
% Performansi Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dalam Domain Frekuensi
disp('Performansi Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dalam Domain Frekuensi ')
[gpeak,fpeak] = getPeakGain(sys_cl);
bw = bandwidth(sys_cl);
fprintf('Lebar Pita (rad/detik) = %10.5g\n',bw)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi = %10.5g\n',gpeak)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi (dB) = %10.5g\n',mag2db(gpeak))
fprintf('Frekuensi Puncak Resonansi (rad/detik) = %10.5g\n',fpeak)
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
num_ol_p = [ 0.0000 0.0000 0.0000 6.7180];
den_ol_p = [ 0.0400 0.5400 1.5000 1.0000];
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_ol_p = tf(num_ol_p,den_ol_p)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
[num_cl_p,den_cl_p] = cloop(num_ol_p,den_ol_p,-1);
sys_cl_p = tf(num_cl_p,den_cl_p)
%
% Performansi Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P) Dalam Domain Frekuensi
disp('Performansi Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P) Dalam Domain Frekuensi ')
[gpeak_p,fpeak_p] = getPeakGain(sys_cl_p);
bw_p = bandwidth(sys_cl_p);
fprintf('Lebar Pita (rad/detik) = %10.5g\n',bw_p)

```

```

fprintf('Nilai Puncak Resonansi                = %10.5g\n',gpeak_p)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi (dB)            = %10.5g\n',mag2db(gpeak_p))
fprintf('Frekuensi Puncak Resonansi (rad/detik) = %10.5g\n',fpeak_p)
%
% Diagram Magnitude Bode Sistem Eksitasi Generator Dengan
% Pengendali Proporsional (P)
bodemag(sys_cl,'-',sys_cl_p,'--')
hleg = legend('Tanpa Pengendali Proporsional (P)','Dengan
Pengendali Proporsional (P)');
grid on

```

## Hasil program

Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator

```

sys_ol =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1

```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator

```

sys_cl =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11

```

Continuous-time transfer function.

Performansi Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dalam Domain Frekuensi

Lebar Pita (rad/detik)	=	6.9693
Nilai Puncak Resonansi	=	3.3009
Nilai Puncak Resonansi (dB)	=	10.373
Frekuensi Puncak Resonansi (rad/detik)	=	4.643

Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```

sys_ol_p =
          6.718
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1

```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

$$\text{sys\_cl\_p} = \frac{6.718}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 7.718}$$

Continuous-time transfer function.

Performansi Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) Dalam Domain Frekuensi

Lebar Pita (rad/detik)	=	5.8683
Nilai Puncak Resonansi	=	1.9173
Nilai Puncak Resonansi (dB)	=	5.654
Frekuensi Puncak Resonansi (rad/detik)	=	3.8245

### 3.9 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan

Bagian ini berisi kode – kode Matlab yang digunakan dalam analisa kestabilan sistem eksitasi generator dengan menggunakan pengendali Proporsional (P). Adapun metoda – metoda yang digunakan dalam analisa kestabilan meliputi metoda Lyapunov Pertama, kriteria Routh, kriteria Hurwitz, kriteria Continued Fraction, kriteria Nyquist dan kriteria Bode.

#### 3.9.1 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) Menggunakan Metoda Lyapunov Pertama

Kode Matlab untuk analisa kestabilan sistem eksitasi generator dengan pengendali Proporsional (P) menggunakan metoda Lyapunov Pertama sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
```

```

Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta    1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te    1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg    1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi
Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional
num_ol_p = [ 0.0000    0.0000    0.0000    6.7180];
den_ol_p = [ 0.0400    0.5400    1.5000    1.0000];
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_ol_p = tf(num_ol_p,den_ol_p)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
[num_cl_p,den_cl_p] = cloop(num_ol_p,den_ol_p,-1);
sys_cl_p = tf(num_cl_p,den_cl_p)
%
% Periksa Kestabilan Dengan Metoda Lyapunov Pertama Untuk
Sistem Eksitasi Generator Tanpa Pengendali
% Proporsional (P)

```



```

disp('Nilai Eigen Sistem Eksitasi Generator Tanpa Pengendali
Proporsional (P)')
K = pole(sys_cl)
%
% Periksa Kestabilan Dengan Metoda Lyapunov Pertama Untuk
Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Nilai Eigen Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali
Proporsional (P)')
Kp = pole(sys_cl_p)

```

## Hasil program

Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator

$$\text{sys\_ol} = \frac{10}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1}$$

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator

$$\text{sys\_cl} = \frac{10}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11}$$

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

$$\text{sys\_ol\_p} = \frac{6.718}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1}$$

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

$$\text{sys\_cl\_p} = \frac{6.718}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 7.718}$$

Continuous-time transfer function.

Nilai Eigen Sistem Eksitasi Generator Tanpa Pengendali Proporsional (P)

$$K = \begin{matrix} -12.2703 + 0.0000i \\ -0.6148 + 4.6940i \\ -0.6148 - 4.6940i \end{matrix}$$

Nilai Eigen Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

$$K_p = \begin{matrix} -11.7045 + 0.0000i \end{matrix}$$

```
-0.8977 + 3.9597i
-0.8977 - 3.9597i
```

### 3.9.2 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) Menggunakan Kriteria Routh

Kode Matlab untuk analisa kestabilan sistem eksitasi generator dengan pengendali Proporsional (P) menggunakan kriteria Routh sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta    1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te    1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg    1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
num_ol_p = [ 0.0000    0.0000    0.0000    6.7180];
den_ol_p = [ 0.0400    0.5400    1.5000    1.0000];
%
```

```

% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_ol_p = tf(num_ol_p,den_ol_p)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
[num_cl_p,den_cl_p] = cloop(num_ol_p,den_ol_p,-1);
sys_cl_p = tf(num_cl_p,den_cl_p)
%
% Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Kriteria Routh
disp('Deret Routh Sistem Eksitasi Generator Tanpa Pengendali
Proporsional (P)')
p = myRouth(den_cl)
%
% Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Kriteria Routh
disp('Deret Routh Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali
Proporsional (P)')
p_p = myRouth(den_cl_p)

```

## Hasil program

Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator  
sys\_ol =

$$\frac{10}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1}$$

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator  
sys\_cl =

$$\frac{10}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11}$$

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan  
Pengendali Proporsional (P)  
sys\_ol\_p =

$$\frac{6.718}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1}$$

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```
sys_cl_p =
```

$$\frac{6.718}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 7.718}$$

Continuous-time transfer function.

Deret Routh Sistem Eksitasi Generator Tanpa Pengendali Proporsional (P)

```
p =
[ 1/25, 3/2]
[ 27/50, 11]
[ 37/54, 0]
[ 11, 0]
```

Deret Routh Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```
p_p =
[ 1/25, 3/2]
[ 27/50, 3859/500]
[ 3133/3375, 0]
[ 3859/500, 0]
```

### **3.9.3 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) Menggunakan Kriteria Hurwitz**

Kode Matlab untuk analisa kestabilan sistem eksitasi generator dengan pengendali Proporsional (P) menggunakan kriteria Hurwitz sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
```

```

Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta   1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te   1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg   1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi
Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
num_ol_p = [ 0.0000    0.0000    0.0000    6.7180];
den_ol_p = [ 0.0400    0.5400    1.5000    1.0000];
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_ol_p = tf(num_ol_p,den_ol_p)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
[num_cl_p,den_cl_p] = cloop(num_ol_p,den_ol_p,-1);
sys_cl_p = tf(num_cl_p,den_cl_p)
%
```

```
% Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Kriteria Hurwitz
disp('Nilai Determinan Kestabilan Sistem Eksitasi Generator
Tanpa Pengendali Proporsional (P)')
hurwitz(den_cl)
%
% Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Kriteria Hurwitz
fprintf('\n')
disp('Nilai Determinan Kestabilan Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
hurwitz(den_cl_p)
```

## Hasil program

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator

```
sys_ol =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator

```
sys_cl =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan  
Pengendali Proporsional (P)

```
sys_ol_p =
          6.718
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan  
Pengendali Proporsional (P)

```
sys_cl_p =
          6.718
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 7.718
```

Continuous-time transfer function.

Nilai Determinan Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Tanpa  
Pengendali Proporsional (P)  
Nilai Determinan ke 1: 0.54  
Nilai Determinan ke 2: 0.37  
Nilai Determinan ke 3: 4.07  
Sistem Bersifat Stabil

Nilai Determinan Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan  
Pengendali Proporsional (P)  
Nilai Determinan ke 1: 0.54  
Nilai Determinan ke 2: 0.50128  
Nilai Determinan ke 3: 3.8689  
Sistem Bersifat Stabil

### **3.9.4 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) Menggunakan Kriteria Continued Fraction**

Kode Matlab untuk analisa kestabilan sistem eksitasi generator dengan pengendali Proporsional (P) menggunakan kriteria *Continued Fraction* sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta    1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te    1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
```



```

den_2 = [ Tg 1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi
Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
num_ol_p = [ 0.0000 0.0000 0.0000 6.7180];
den_ol_p = [ 0.0400 0.5400 1.5000 1.0000];
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_ol_p = tf(num_ol_p,den_ol_p)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
[num_cl_p,den_cl_p] = cloop(num_ol_p,den_ol_p,-1);
sys_cl_p = tf(num_cl_p,den_cl_p)
%
% Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Kriteria Continued Fraction
disp('Nilai Indeks Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Tanpa
Pengendali Proporsional (P)')
fraction(den_cl)
%
% Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Kriteria Continued Fraction
fprintf('\n')
disp('Nilai Indeks Kestabilan Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
fraction(den_cl_p)

```

## Hasil program

Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator

$$\text{sys\_ol} = \frac{10}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1}$$

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator

$$\text{sys\_cl} = \frac{10}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11}$$

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

$$\text{sys\_ol\_p} = \frac{6.718}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1}$$

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

$$\text{sys\_cl\_p} = \frac{6.718}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 7.718}$$

Continuous-time transfer function.

Nilai Indeks Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Tanpa Pengendali Proporsional (P)

Nilai H1	=	0.07407
Nilai H2	=	0.7881
Nilai H3	=	0.06229
Sistem Stabil		

Nilai Indeks Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

Nilai H1	=	0.07407
Nilai H2	=	0.5817
Nilai H3	=	0.1203
Sistem Stabil		

### 3.9.5 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) Menggunakan Kriteria Nyquist

Kode Matlab untuk analisa kestabilan sistem eksitasi generator dengan pengendali Proporsional (P) menggunakan kriteria Nyquist sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta   1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te   1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg   1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi
Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
num_ol_p = [ 0.0000    0.0000    0.0000    6.7180];
den_ol_p = [ 0.0400    0.5400    1.5000    1.0000];
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
```

```

disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_ol_p = tf(num_ol_p,den_ol_p)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
[num_cl_p,den_cl_p] = cloop(num_ol_p,den_ol_p,-1);
sys_cl_p = tf(num_cl_p,den_cl_p)
%
% Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Kriteria Nyquist
disp('Diagram Nyquist Sistem Eksitasi Generator Tanpa
Pengendali Proporsional (P)')
figure
newnyq(num_ol,den_ol)
grid on
%
% Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Kriteria Nyquist
fprintf('\n')
disp('Diagram Nyquist Sistem Eksitasi Generator Dengan
Pengendali Proporsional (P)')
figure
newnyq(num_ol_p,den_ol_p)
grid on

```

### Hasil program

Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator  
sys\_ol =

$$\frac{10}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1}$$

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator  
sys\_cl =

$$\frac{10}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11}$$

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```
sys_ol_p =
          6.718
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```
sys_cl_p =
          6.718
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 7.718
```

Continuous-time transfer function.

Diagram Nyquist Sistem Eksitasi Generator Tanpa Pengendali Proporsional (P)

```
stable k range
-0.1 < k < 1.925
```

Diagram Nyquist Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```
stable k range
-0.14885 < k < 2.8654
```

### **3.9.6 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) Menggunakan Kriteria Bode**

Kode Matlab untuk analisa kestabilan sistem eksitasi generator dengan pengendali Proporsional (P) menggunakan kriteria Bode sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
```

```

Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta    1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te    1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg    1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi
Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
num_ol_p = [ 0.0000    0.0000    0.0000    6.7180];
den_ol_p = [ 0.0400    0.5400    1.5000    1.0000];
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_ol_p = tf(num_ol_p,den_ol_p)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
[num_cl_p,den_cl_p] = cloop(num_ol_p,den_ol_p,-1);
sys_cl_p = tf(num_cl_p,den_cl_p)
%
% Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Kriteria Bode

```

```

disp('Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Tanpa
Pengendali Proporsional (P)')
[Gm,Pm,Wgm,Wpm] = margin(sys_ol);
K = 1/Gm;
fprintf('Nilai Indeks Bode      = %10.5g \n',K)
if (K>0)
    disp('Sistem Stabil')
else
    disp('Sistem Tidak Stabil')
end
%
% Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Kriteria Bode
fprintf('\n')
disp('Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Pengendali Proporsional (P)')
[Gmp,Pmp,Wgmp,Wpmp] = margin(sys_ol_p);
K_p= 1/Gmp;
fprintf('Nilai Indeks Bode      = %10.5g \n',K_p)
if (K_p>0)
    disp('Sistem Stabil')
else
    disp('Sistem Tidak Stabil')
end

```

### Hasil program

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator

```

sys_ol =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1

```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator

```

sys_cl =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11

```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan  
Pengendali Proporsional (P)

```

sys_ol_p =
          6.718

```

```

-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan
Pengendali Proporsional (P)
sys_cl_p =
          6.718
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 7.718

Continuous-time transfer function.

Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Tanpa Pengendali
Proporsional (P)
Nilai Indeks Bode      =      0.51948
Sistem Stabil

```

```

Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Pengendali Proporsional (P)
Nilai Indeks Bode      =      0.34898
Sistem Stabil

```

### **3.10 Kode Matlab Untuk Analisa Kekokohan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)**

Kode Matlab untuk analisa kekokohan sistem eksitasi generator dengan pengendali Proporsional (P) menggunakan kriteria Bode sebagai berikut

```

clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0      Ka];
den_A  = [ Ta    1];

```



```

num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te    1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg    1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi
Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Kriteria Puncak Maksimum Sistem Eksitasi Generator
Ms = norm((1 - sys_cl),inf,1e-4);
Mt = norm(sys_cl,inf,1e-4);
disp('Nilai Puncak Maksimum Sistem Eksitasi Generator')
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas           =
%10.5g \n',Ms)
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas Komplementer =
%10.5g \n',Mt)
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional
num_ol_p = [ 0.0000    0.0000    0.0000    6.7180];
den_ol_p = [ 0.0400    0.5400    1.5000    1.0000];
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_ol_p = tf(num_ol_p,den_ol_p)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
[num_cl_p,den_cl_p] = cloop(num_ol_p,den_ol_p,-1);
sys_cl_p = tf(num_cl_p,den_cl_p)
%
% Kriteria Puncak Maksimum Dengan Pengendali Proporsional (P)
fprintf('\n')

```

```

Ms_p = norm((1 - sys_cl_p),inf,1e-4);
Mt_p = norm(sys_cl_p,inf,1e-4);
disp('Nilai Puncak Maksimum Dengan Pengendali Proporsional
(P)')
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas                =
%10.5g \n',Ms_p)
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas Komplementer    =
%10.5g \n',Mt_p)
%
% Tanggapan Fungsi Sensitivitas dan Fungsi Sensitivitas
Komplementer Tanpa dan Dengan Pengendali Proporsional
Integral (PI)
figure
loops = loopsens(tf(num_ol,den_ol),1);
loops_pi = loopsens(tf(num_ol_p,den_ol_p),1);
bode(loops.Si,'-',loops_pi.Si,'--',loops.Ti,'-
',loops_pi.Ti,'--')
hleg = legend('Tanpa Pengendali Proporsional (P)','Dengan
Pengendali Proporsional (P)');
grid on

```

## Hasil program

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator

```

sys_ol =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1

```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator

```

sys_cl =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11

```

Continuous-time transfer function.

Nilai Puncak Maksimum Sistem Eksitasi Generator

Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas = 3.7636

Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas Komplementer = 3.3009

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan  
Pengendali Proporsional (P)

```

sys_ol_p =
          6.718

```

```

-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan
Pengendali Proporsional (P)
sys_cl_p =
          6.718
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 7.718

Continuous-time transfer function.

Nilai Puncak Maksimum Dengan Pengendali Proporsional (P)
Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas           =      2.4128
Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas Komplementer =      1.9175

```

### 3.11 Kode Matlab Untuk Tanggapan *Input Disturbance Rejection* Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

Kode Matlab untuk tanggapan *input disturbance rejection* sistem eksitasi generator dengan pengendali Proporsional (P) sebagai berikut

```

clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta   1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te   1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg   1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);

```

```

sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi
Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
num_ol_p = [ 0.0000    0.0000    0.0000    6.7180];
den_ol_p = [ 0.0400    0.5400    1.5000    1.0000];
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_ol_p = tf(num_ol_p,den_ol_p)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
[num_cl_p,den_cl_p] = cloop(num_ol_p,den_ol_p,-1);
sys_cl_p = tf(num_cl_p,den_cl_p)
%
% Tanggapan Untuk Tipe Input Disturbance
sys_cl_di = tf(num_ol,den_cl_p)
step(sys_cl_di)
ylabel('Tegangan (pu)')
xlabel('Waktu (detik)')
grid on
title('Tanggapan Tegangan Sistem Eksitasi Generator Tanpa dan
Dengan Pengendali Proporsional (P) Terhadap Gangguan Tipe
Masukan')

```

## Hasil program

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator  
sys\_ol =

$$\frac{10}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1}$$

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator

sys\_cl =

$$\frac{10}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11}$$

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan  
Pengendali Proporsional (P)

```

sys_ol_p =
          6.718
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1

```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```

sys_cl_p =
          6.718
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 7.718

```

Continuous-time transfer function.

```

sys_cl_di =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 7.718

```

Continuous-time transfer function.

### 3.12 Kode Matlab Untuk Tanggapan *Output Disturbance Rejection* Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

Kode Matlab untuk tanggapan *output disturbance rejection* sistem eksitasi generator dengan pengendali Proporsional (P) sebagai berikut

```

clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta    1];
num_E = [ 0    Ke];

```

```

den_E = [ Te 1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0 Kg];
den_2 = [ Tg 1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi
Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
num_ol_p = [ 0.0000 0.0000 0.0000 6.7180];
den_ol_p = [ 0.0400 0.5400 1.5000 1.0000];
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_ol_p = tf(num_ol_p,den_ol_p)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
[num_cl_p,den_cl_p] = cloop(num_ol_p,den_ol_p,-1);
sys_cl_p = tf(num_cl_p,den_cl_p)
%
% Tanggapan Untuk Tipe Output Disturbance
sys_cl_do = tf(1,den_cl_p);
step(sys_cl_do)
ylabel('Tegangan (pu)')
xlabel('Waktu (detik)')
grid on
title('Tanggapan Tegangan Sistem Eksitasi Generator Tanpa dan
Dengan Pengendali Proporsional (P) Terhadap Gangguan Tipe
Keluaran')

```

Hasil program

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator

```
sys_ol =  
      10  
-----  
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator

```
sys_cl =  
      10  
-----  
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan  
Pengendali Proporsional (P)

```
sys_ol_p =  
      6.718  
-----  
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan  
Pengendali Proporsional (P)

```
sys_cl_p =  
      6.718  
-----  
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 7.718
```

Continuous-time transfer function.

### 3.13 Kode Matlab Untuk Perancangan Pengendali Integral (I) Dengan PIDTool Model Paralel

Kode Matlab untuk perancangan pengendali Integral (I) pada sistem  
eksitasi generator menggunakan PIDTool model paralel sebagai berikut

```
clc  
clear all  
close all  
close all hidden  
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi  
Ka = 10.0000;
```



```

Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta   1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te   1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg   1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol);
%
% Perancangan Pengendali Integral Dengan PIDTool
pidtool(sys_ol,'i')

```

### 3.14 Kode Matlab Untuk Perancangan Pengendali Proporsional Integral (PI) Dengan PIDTool Model Paralel

Kode Matlab untuk perancangan pengendali Proporsional Integral (PI) pada sistem eksitasi generator menggunakan PIDTool model paralel sebagai berikut

```

clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta   1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te   1];

```

```

[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg   1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol);
%
% Perancangan Pengendali Proporsional Integral (PI) Dengan
PIDTool
pidtool(sys_ol,'pi')

```

### 3.15 Kode Matlab Untuk Perancangan Pengendali Proporsional Diferensial (PD) Dengan PIDTool Model Paralel

Kode Matlab untuk perancangan pengendali Proporsional Diferensial (PD) pada sistem eksitasi generator menggunakan PIDTool model paralel sebagai berikut

```

clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta   1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te   1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg   1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol);
%
% Perancangan Pengendali Proporsional Diferensial (PD) Dengan
PIDTool
pidtool(sys_ol,'pd')

```

### 3.16 Kode Matlab Untuk Perancangan Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID) Dengan PIDTool Model Paralel

Kode Matlab untuk perancangan pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID) pada sistem eksitasi generator menggunakan PIDTool model paralel sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta   1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te   1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg   1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol);
%
% Perancangan Pengendali Proporsional Integral Diferensial
(PID) Dengan PIDTool
pidtool(sys_ol,'pid')
```

### **3.17 Kode Matlab Untuk Perancangan Pengendali Proporsional Diferensial Dengan Filter Orde Pertama Pada Bagian Diferensial (PDF) Dengan PIDTool Model Paralel**

Kode Matlab untuk perancangan pengendali Proporsional Diferensial Dengan Filter Orde Pertama Pada Bagian Diferensial (PDF) pada sistem eksitasi generator menggunakan PIDTool model paralel sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta    1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te    1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg    1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol);
%
% Perancangan Pengendali Proporsional Diferensial Dengan
Filter Orde Pertama Pada Bagian Diferensial (PDF) Dengan
PIDTool
pidtool(sys_ol,'pdf')
```

### **3.18 Kode Matlab Untuk Perancangan Pengendali Proporsional Integral Diferensial Dengan Filter Orde Pertama Pada Bagian Diferensial (PIDF) Dengan PIDTool Model Paralel**

Kode Matlab untuk perancangan pengendali Proporsional Integral Diferensial Dengan Filter Orde Pertama Pada Bagian Diferensial (PIDF)

pada sistem eksitasi generator menggunakan PIDTool model paralel sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta   1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te   1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg   1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol);
%
% Perancangan Pengendali Proporsional Integral Diferensial
Dengan Filter Orde Pertama Pada Bagian Diferensial Dengan
PIDTool
pidtool(sys_ol,'pidf')
```



## **BAB 4. KODE – KODE MATLAB UNTUK SISTEM KENDALI EKSITASI GENERATOR DENGAN PIDTOOL MODEL STANDARD**

### **4.1 Pendahuluan**

Bagian ini menjelaskan kode – kode Matlab yang digunakan untuk perancangan dan analisa sistem kendali eksitasi generator dengan menggunakan bantuan perangkat lunak Matlab. Fasilitas Matlab yang digunakan untuk perancangan pengendali adalah PIDTool dengan model standard.

### **4.2 Kriteria Perancangan Pengendali Untuk Sistem Eksitasi Generator**

Perancangan pengendali untuk tanggapan tegangan sistem eksitasi generator dilakukan dengan beberapa kriteria yang meliputi kriteria domain waktu, kriteria domain frekuensi, kriteria kestabilan dan kriteria kekokohan. Adapun rincian untuk masing – masing kriteria perancangan telah ditetapkan pada bagian 3.3

### **4.3 Kode Matlab Untuk Perancangan Pengendali Proporsional (P) Dengan PIDTool Model Standard**

Kode Matlab untuk perancangan pengendali Proporsional (P) sistem eksitasi generator dengan PIDTool model standard sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
```

```

%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta    1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te    1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg    1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Perancangan Pengendali Dengan PIDTool
pidtool(sys_ol,'p')

```

### Hasil program

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator  
sys\_ol =

$$\frac{10}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1}$$

Continuous-time transfer function.

## 4.4 Kode Matlab Untuk Tanggapan Pengendali Proporsional (P)

Kode Matlab untuk tanggapan pengendali Proporsional (P) sistem eksitasi generator dengan PIDTool model standard sebagai berikut

```

clc
clear all
close all
close all hidden
%
Kp      = 0.3558;
num_ol = [ 0.0000    0.0000    0.0000    3.5580];
den_ol = [ 0.0400    0.5400    1.5000    1.0000];
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)

```



```

%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Fungsi Alih Keluaran Pengendali Proporsional (P) Terhadap
Masukan Undak
% Satuan
disp('Fungsi Alih Keluaran Pengendali Proporsional (P)
Terhadap Masukan Undak Satuan ')
sys_U = tf(Kp,den_cl)
%
% Tanggapan Kesalahan Sistem Eksitasi Generator Terhadap
Masukan Undak
% Satuan
figure
step(sys_U)
ylabel('Keluaran Pengendali U(s)')
xlabel('Waktu')
title('Tanggapan Keluaran Pengendali Proporsional (P)
Terhadap Masukan Undak Satuan')
grid on

```

## Hasil program

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

$$\text{sys\_ol} = \frac{3.558}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1}$$

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

$$\text{sys\_cl} = \frac{3.558}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 4.558}$$

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Keluaran Pengendali Proporsional (P) Terhadap Masukan Undak Satuan

```
sys_U =
          0.3558
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 4.558
```

Continuous-time transfer function.

#### 4.5 Kode Matlab Untuk Analisa Kesalahan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

Kode Matlab untuk analisa kesalahan sistem eksitasi generator dengan pengendali Proporsional (P) sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta    1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te    1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg    1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Fungsi Alih Kesalahan Sistem Eksitasi Generator
```

```

disp('Fungsi Alih Kesalahan Keadaan Mantap Sistem Eksitasi
Generator ')
sys_e = tf(1,den_cl)
%
% Perhitungan Konstanta Kesalahan dan Kesalahan Keadaan
Mantap Sistem Eksitasi Generator
disp('Perhitungan Konstanta Kesalahan dan Kesalahan Keadaan
Mantap Sistem Eksitasi Generator')
Errorrtf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
num_ol_p = [ 0.0000    0.0000    0.0000    3.5580];
den_ol_p = [ 0.0400    0.5400    1.5000    1.0000];
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_ol_p = tf(num_ol_p,den_ol_p)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
[num_cl_p,den_cl_p] = cloop(num_ol_p,den_ol_p,-1);
sys_cl_p = tf(num_cl_p,den_cl_p)
%
% Fungsi Alih Kesalahan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Kesalahan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Pengendali Proporsional (P)')
sys_e_p = tf(1,den_cl_p)
%
% Perhitungan Konstanta Kesalahan dan Kesalahan Keadaan
Mantap Sistem
% Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)
disp('Perhitungan Konstanta Kesalahan dan Kesalahan Keadaan
Mantap Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali
Proporsional (P) ')
Errorrtf(num_ol_p,den_ol_p)
%

```

```
% Tanggapan Kesalahan Sistem Eksitasi Generator Tanpa dan
Dengan Pengendali Proporsional (P) Terhadap Masukan Undak
% Satuan
figure
step(sys_e, '-', sys_e_p, '--')
hleg = legend('Tanpa Pengendali Proporsional (P)', 'Dengan
Pengendali Proporsional (P)');
ylabel('Kesalahan Tegangan (pu)')
xlabel('Waktu')
title('Tanggapan Kesalahan Keadaan Mantap Sistem Eksitasi
Generator Tanpa dan Dengan Pengendali Proporsional (P)')
grid on
```

### Hasil program

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator

```
sys_ol =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator

```
sys_cl =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Kesalahan Keadaan Mantap Sistem Eksitasi Generator

```
sys_e =
          1
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11
```

Continuous-time transfer function.

Perhitungan Konstanta Kesalahan dan Kesalahan Keadaan Mantap Sistem Eksitasi Generator

Tipe Sistem adalah 0

Konstanta Kesalahan Posisi (Kp) adalah 10.0000

Konstanta Kesalahan Kecepatan (Kv) adalah 0.0000

Konstanta Kesalahan Percepatan (Ka) adalah 0.0000

Kesalahan Keadaan Mantap Untuk Masukan Undak adalah 0.0909

Kesalahan Keadaan Mantap Untuk Masukan Laju adalah Inf  
 Kesalahan Keadaan Mantap Untuk Masukan Parabolik adalah Inf

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan  
 Pengendali Proporsional (P)

$$\text{sys\_ol\_p} = \frac{3.558}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1}$$

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan  
 Pengendali Proporsional (P)

$$\text{sys\_cl\_p} = \frac{3.558}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 4.558}$$

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Kesalahan Sistem Eksitasi Generator Dengan  
 Pengendali Proporsional (P)

$$\text{sys\_e\_p} = \frac{1}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 4.558}$$

Continuous-time transfer function.

Perhitungan Konstanta Kesalahan dan Kesalahan Keadaan Mantap  
 Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)  
 Tipe Sistem adalah 0

Konstanta Kesalahan Posisi (Kp) adalah 3.5580

Konstanta Kesalahan Kecepatan (Kv) adalah 0.0000

Konstanta Kesalahan Percepatan (Ka) adalah 0.0000

Kesalahan Keadaan Mantap Untuk Masukan Undak adalah 0.2194

Kesalahan Keadaan Mantap Untuk Masukan Laju adalah Inf

Kesalahan Keadaan Mantap Untuk Masukan Parabolik adalah Inf

#### 4.6 Kode Matlab Untuk Analisa Peralihan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

Kode Matlab untuk analisa peralihan sistem eksitasi generator dengan pengendali Proporsional (P) sebagai berikut

```

clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta   1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te   1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg   1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi
Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Analisa Peralihan Sistem Eksitasi Generator
disp('Analisa Peralihan Sistem Eksitasi Generator')
P = stepinfo(sys_cl);
Tr = P.RiseTime;
Tp = P.PeakTime;
Ts = P.SettlingTime;
N_p = P.Peak;
Mp = P.Overshoot;
%
t = 0:0.01:20.00;
[y,x,t] = step(num_cl,den_cl,t);
k = max(y);
tv = sum(abs(diff(y)));
k1 = sort(y, 'descend');
k2 = k1(1);
k3 = k1(2);

```

```

K = k3/k2;
e1 = abs(1 - dcgain(sys_cl));
EV = (tv/abs(dcgain(sys_cl)));
%
fprintf('Nilai Waktu Naik           = %10.5g detik\n',Tr)
fprintf('Nilai Waktu Puncak         = %10.5g detik\n',Tp)
fprintf('Nilai Waktu Keadaan Mantap = %10.5g detik\n',Ts)
fprintf('Nilai Puncak                = %10.5g \n',N_p)
fprintf('Nilai Lewatan Maksimum      = %10.5g \n',Mp)
fprintf('Total Variasi                 = %10.5g \n',tv)
fprintf('Decay Ratio                    = %10.5g \n',K)
fprintf('Steady State Offset              = %10.5g \n',e1)
fprintf('Excess Variation                 = %10.5g \n',EV)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
num_ol_p = [ 0.0000    0.0000    0.0000    3.5580];
den_ol_p = [ 0.0400    0.5400    1.5000    1.0000];
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_ol_p = tf(num_ol_p,den_ol_p)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
[num_cl_p,den_cl_p] = cloop(num_ol_p,den_ol_p,-1);
sys_cl_p = tf(num_cl_p,den_cl_p)
%
% Analisa Peralihan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Pengendali Proporsional (P)
disp('Analisa Peralihan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Pengendali Proporsional (P) ')
P_p = stepinfo(sys_cl_p);
Tr_p = P_p.RiseTime;
Tp_p = P_p.PeakTime;
Ts_p = P_p.SettlingTime;
N_pp = P_p.Peak;
Mp_p = P_p.Overshoot;

```

```

%
t = 0:0.01:20.00;
[y_p,x_p,t] = step(num_cl_p,den_cl_p,t);
k_p = max(y_p);
tv_p = sum(abs(diff(y_p)));
k1_p = sort(y_p, 'descend');
k2_p = k1_p(1);
k3_p = k1_p(2);
K_p = k3_p/k2_p;
el_p = abs(1 - dcgain(sys_cl_p));
EV_p = (tv_p/abs(dcgain(sys_cl_p)));
%
fprintf('Nilai Waktu Naik = %10.5g\n',Tr_p)
fprintf('Nilai Waktu Puncak = %10.5g\n',Tp_p)
fprintf('Nilai Waktu Keadaan Mantap = %10.5g\n',Ts_p)
fprintf('Nilai Puncak = %10.5g \n',N_pp)
fprintf('Nilai Lewatan Maksimum = %10.5g\n',Mp_p)
fprintf('Total Variasi = %10.5g \n',tv_p)
fprintf('Decay Ratio = %10.5g \n',K_p)
fprintf('Steady State Offset = %10.5g \n',el_p)
fprintf('Excess Variation = %10.5g \n',EV_p)
%
% Tanggapan Tegangan Sistem Eksitasi Generator Terhadap
Masukan Undak
% Satuan Tanpa dan Dengan Pengendali Proporsional (P)
step(sys_cl, '-', sys_cl_p, '--');
hleg = legend('Tanpa Pengendali Proporsional (P)', 'Dengan
Pengendali Proporsional (P)');
ylabel('Tegangan (pu)')
xlabel('Waktu (detik)')
grid on
title('Tanggapan Tegangan Sistem Eksitasi Generator Tanpa dan
Dengan Pengendali Proporsional (P) Terhadap Masukan Undak
Satuan ')

```

## Hasil program

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator

```

sys_ol =
10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1

```



Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator

```
sys_cl =  
          10  
-----  
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11
```

Continuous-time transfer function.

Analisa Peralihan Sistem Eksitasi Generator

Nilai Waktu Naik	=	0.2636	detik
Nilai Waktu Puncak	=	0.75062	detik
Nilai Waktu Keadaan Mantap	=	6.2147	detik
Nilai Puncak	=	1.4686	
Nilai Lewatan Maksimum	=	61.545	Persen
Total Variasi	=	4.2262	
Decay Ratio	=	0.99965	
Steady State Offset	=	0.090909	
Excess Variation	=	4.6488	

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```
sys_ol_p =  
          3.558  
-----  
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```
sys_cl_p =  
          3.558  
-----  
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 4.558
```

Continuous-time transfer function.

Analisa Peralihan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

Nilai Waktu Naik	=	0.47554	detik
Nilai Waktu Puncak	=	1.1597	detik
Nilai Waktu Keadaan Mantap	=	2.7088	detik
Nilai Puncak	=	0.98285	
Nilai Lewatan Maksimum	=	25.908	Persen
Total Variasi	=	1.336	

Decay Ratio	=	0.99995
Steady State Offset	=	0.21939
Excess Variation	=	1.7114

#### 4.7 Kode Matlab Untuk Analisa Performansi Dalam Domain Frekuensi Untuk Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

Kode Matlab untuk analisa performansi dalam domain frekuensi sistem eksitasi generator dengan pengendali Proporsional (P) untuk fungsi alih lingkaran terbuka sebagai berikut

```

clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta    1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te    1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg    1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi
Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Performansi Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dalam
Domain

```

```

% Frekuensi
disp('Performansi Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dalam Domain Frekuensi')
y = allmargin(sys_ol);
GM    = y.GainMargin;
f_GM  = y.GMFrequency;
PM    = y.PhaseMargin;
f_PM  = y.PMFrequency;
fprintf('Margin Penguatan                = %10.5g  \n',GM)
fprintf('Frekuensi Margin Penguatan      = %10.5g
rad/detik\n',f_GM)
fprintf('Margin Fasa                      = %10.5g
derjat\n',PM)
fprintf('Frekuensi Margin Fasa           = %10.5g
rad/detik\n',f_PM)
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
num_ol_p = [ 0.0000    0.0000    0.0000    3.5580];
den_ol_p = [ 0.0400    0.5400    1.5000    1.0000];
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_ol_p = tf(num_ol_p,den_ol_p)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
[num_cl_p,den_cl_p] = cloop(num_ol_p,den_ol_p,-1);
sys_cl_p = tf(num_cl_p,den_cl_p)
%
% Performansi Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P) Dalam Domain
% Frekuensi
disp('Performansi Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P) Dalam Domain Frekuensi ')
y_p = allmargin(sys_ol_p);
GM_p  = y_p.GainMargin;
f_GM_p = y_p.GMFrequency;
PM_p  = y_p.PhaseMargin;

```

```

f_PM_p = y_p.PMFrequency;
fprintf('Margin Penguatan                = %10.5g \n',GM_p)
fprintf('Frekuensi Margin Penguatan    = %10.5g
rad/detik\n',f_GM_p)
fprintf('Margin Fasa                    = %10.5g
derjat\n',PM_p)
fprintf('Frekuensi Margin Fasa        = %10.5g
rad/detik\n',f_PM_p)
%
% Diagram Bode Sistem Eksitasi Generator Tanpa dan Dengan
Pengendali Proporsional (P)
bode(sys_ol,'-',sys_ol_p,'--')
hleg = legend('Tanpa Pengendali Proporsional (P)','Dengan
Pengendali Proporsional (P)');
snapnow;
grid on

```

## Hasil program

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator

```

sys_ol =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1

```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator

```

sys_cl =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11

```

Continuous-time transfer function.

Performansi Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dalam Domain Frekuensi

Margin Penguatan	=	1.925
Frekuensi Margin Penguatan	=	6.1238 rad/detik
Margin Fasa	=	18.594 derjat
Frekuensi Margin Fasa	=	4.405 rad/detik

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```

sys_ol_p =
          3.558
-----

```

$$0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1$$

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

$$\text{sys\_cl\_p} = \frac{3.558}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 4.558}$$

Continuous-time transfer function.

Performansi Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) Dalam Domain Frekuensi

Margin Penguatan	=	5.4104
Frekuensi Margin Penguatan	=	6.1238 rad/detik
Margin Fasa	=	57.139 derajat
Frekuensi Margin Fasa	=	2.3296 rad/detik

#### 4.8 Kode Matlab Untuk Analisa Performansi Dalam Domain Frekuensi Untuk Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

Kode Matlab untuk analisa performansi dalam domain frekuensi sistem eksitasi generator dengan pengendali Proporsional (P) untuk fungsi alih lingkaran tertutup sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0      Ka];
den_A = [ Ta    1];
```

```

num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te    1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg    1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi
Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Performansi Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dalam Domain Frekuensi
disp('Performansi Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dalam Domain Frekuensi ')
[gpeak,fpeak] = getPeakGain(sys_cl);
bw = bandwidth(sys_cl);
fprintf('Lebar Pita (rad/detik) = %10.5g
\n',bw)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi = %10.5g
\n',gpeak)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi (dB) = %10.5g
\n',mag2db(gpeak))
fprintf('Frekuensi Puncak Resonansi (rad/detik) = %10.5g
\n',fpeak)
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
num_ol_p = [ 0.0000    0.0000    0.0000    3.5580];
den_ol_p = [ 0.0400    0.5400    1.5000    1.0000];
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_ol_p = tf(num_ol_p,den_ol_p)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)

```

```

disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
[num_cl_p,den_cl_p] = cloop(num_ol_p,den_ol_p,-1);
sys_cl_p = tf(num_cl_p,den_cl_p)
%
% Performansi Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P) Dalam Domain Frekuensi
disp('Performansi Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dalam Domain Frekuensi Dengan Pengendali Proporsional (P)
Dalam Domain Frekuensi ')
[gpeak_p,fpeak_p] = getPeakGain(sys_cl_p);
bw_p = bandwidth(sys_cl_p);
fprintf('Lebar Pita (rad/detik) = %10.5g\n',bw_p)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi = %10.5g\n',gpeak_p)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi (dB) = %10.5g\n',mag2db(gpeak_p))
fprintf('Frekuensi Puncak Resonansi (rad/detik) = %10.5g\n',fpeak_p)
%
% Diagram Magnitude Bode Sistem Eksitasi Generator Tanpa dan
Dengan Pengendali Proporsional (P)
bodemag(sys_cl,'-',sys_cl_p,'--')
hleg = legend('Tanpa Pengendali Proporsional (P)','Dengan
Pengendali Proporsional (P)');
grid on

```

## Hasil program

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator

```

sys_ol =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1

```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator

```

sys_cl =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11

```

Continuous-time transfer function.

Performansi Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dalam Domain Frekuensi

Lebar Pita (rad/detik)	=	6.9693
Nilai Puncak Resonansi	=	3.3009
Nilai Puncak Resonansi (dB)	=	10.373
Frekuensi Puncak Resonansi (rad/detik)	=	4.643

Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```
sys_ol_p =
          3.558
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```
sys_cl_p =
          3.558
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 4.558
```

Continuous-time transfer function.

Performansi Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dalam Domain Frekuensi Dengan Pengendali Proporsional (P) Dalam Domain Frekuensi

Lebar Pita (rad/detik)	=	4.3283
Nilai Puncak Resonansi	=	1.0662
Nilai Puncak Resonansi (dB)	=	0.55672
Frekuensi Puncak Resonansi (rad/detik)	=	2.5179

## 4.9 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan

Bagian ini berisi kode – kode Matlab yang digunakan dalam analisa kestabilan sistem eksitasi generator dengan menggunakan pengendali Proporsional (P). Adapun metoda – metoda yang digunakan dalam analisa kestabilan meliputi metoda Lyapunov Pertama, kriteria Routh, kriteria Hurwitz, kriteria Continued Fraction, kriteria Nyquist dan kriteria Bode.



#### 4.9.1 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) Menggunakan Metoda Lyapunov Pertama

Kode Matlab untuk analisa kestabilan sistem eksitasi generator dengan pengendali Proporsional (P) menggunakan metoda Lyapunov Pertama sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta   1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te   1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg   1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
num_ol_p = [ 0.0000    0.0000    0.0000    3.5580];
den_ol_p = [ 0.0400    0.5400    1.5000    1.0000];
%
```

```

% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_ol_p = tf(num_ol_p,den_ol_p)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
[num_cl_p,den_cl_p] = cloop(num_ol_p,den_ol_p,-1);
sys_cl_p = tf(num_cl_p,den_cl_p)
%
% Periksa Kestabilan Dengan Metoda Lyapunov Pertama Untuk
Sistem Eksitasi Generator Tanpa Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Nilai Eigen Sistem Eksitasi Generator Tanpa Pengendali
Proporsional (P)')
k = pole(sys_cl)
%
% Periksa Kestabilan Dengan Metoda Lyapunov Pertama Untuk
Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Nilai Eigen Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali
Proporsional (P)')
k_p = pole(sys_cl_p)

```

### Hasil program

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator  
sys\_ol =

$$\frac{10}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1}$$

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator  
sys\_cl =

$$\frac{10}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11}$$

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```
sys_ol_p =
          3.558
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```
sys_cl_p =
          3.558
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 4.558
```

Continuous-time transfer function.

Nilai Eigen Sistem Eksitasi Generator Tanpa Pengendali Proporsional (P)

```
k =
-12.2703 + 0.0000i
-0.6148 + 4.6940i
-0.6148 - 4.6940i
```

Nilai Eigen Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```
k_p =
-11.0379 + 0.0000i
-1.2311 + 2.9678i
-1.2311 - 2.9678i
```

#### **4.9.2 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) Menggunakan Kriteria Routh**

Kode Matlab untuk analisa kestabilan sistem eksitasi generator dengan pengendali Proporsional (P) menggunakan kriteria Routh sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
```

```

Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta    1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te    1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg    1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi
Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
num_ol_p = [ 0.0000    0.0000    0.0000    3.5580];
den_ol_p = [ 0.0400    0.5400    1.5000    1.0000];
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_ol_p = tf(num_ol_p,den_ol_p)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
[num_cl_p,den_cl_p] = cloop(num_ol_p,den_ol_p,-1);
sys_cl_p = tf(num_cl_p,den_cl_p)
%
% Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Kriteria Routh

```

```

disp('Deret Routh Sistem Eksitasi Generator Tanpa Pengendali
Proporsional (P)')
p = myRouth(den_cl)
%
% Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Kriteria Routh
disp('Deret Routh Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali
Proporsional (P)')
p_p = myRouth(den_cl_p)

```

### Hasil program

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator

```

sys_ol =

```

$$\frac{10}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1}$$

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator

```

sys_cl =

```

$$\frac{10}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11}$$

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan  
Pengendali Proporsional (P)

```

sys_ol_p =

```

$$\frac{3.558}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1}$$

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan  
Pengendali Proporsional (P)

```

sys_cl_p =

```

$$\frac{3.558}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 4.558}$$

Continuous-time transfer function.

Deret Routh Sistem Eksitasi Generator Tanpa Pengendali Proporsional (P)

```
p =  
[ 1/25, 3/2]  
[ 27/50, 11]  
[ 37/54, 0]  
[ 11, 0]
```

Deret Routh Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```
p_p =  
[ 1/25, 3/2]  
[ 27/50, 2279/500]  
[ 3923/3375, 0]  
[ 2279/500, 0]
```

#### **4.9.3 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) Menggunakan Kriteria Hurwitz**

Kode Matlab untuk analisa kestabilan sistem eksitasi generator dengan pengendali Proporsional (P) menggunakan kriteria Hurwitz sebagai berikut

```
clc  
clear all  
close all  
close all hidden  
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi  
Ka = 10.0000;  
Ta = 0.1000;  
Ke = 1.0000;  
Te = 0.4000;  
Kg = 1.0000;  
Tg = 1.0000;  
%  
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator  
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator')  
num_A = [ 0 Ka];  
den_A = [ Ta 1];  
num_E = [ 0 Ke];  
den_E = [ Te 1];  
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);  
num_2 = [ 0 Kg];  
den_2 = [ Tg 1];
```

```

[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi
Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
num_ol_p = [ 0.0000    0.0000    0.0000    3.5580];
den_ol_p = [ 0.0400    0.5400    1.5000    1.0000];
%
% % Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_ol_p = tf(num_ol_p,den_ol_p)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
[num_cl_p,den_cl_p] = cloop(num_ol_p,den_ol_p,-1);
sys_cl_p = tf(num_cl_p,den_cl_p)
%
% Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Kriteria Hurwitz
disp('Nilai Determinan Kestabilan Sistem Eksitasi Generator
Tanpa Pengendali Proporsional (P)')
hurwitz(den_cl)
%
% Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Kriteria Hurwitz
fprintf('\n')
disp('Nilai Determinan Kestabilan Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
hurwitz(den_cl_p)

```

### Hasil program

Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator  
sys\_ol =

10

$$\frac{1}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1}$$

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator



$$\text{sys\_cl} = \frac{10}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11}$$

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

$$\text{sys\_ol\_p} = \frac{3.558}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1}$$

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

$$\text{sys\_cl\_p} = \frac{3.558}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 4.558}$$

Continuous-time transfer function.

Nilai Determinan Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Tanpa Pengendali Proporsional (P)

Nilai Determinan ke 1: 0.54

Nilai Determinan ke 2: 0.37

Nilai Determinan ke 3: 4.07

Sistem Bersifat Stabil

Nilai Determinan Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

Nilai Determinan ke 1: 0.54

Nilai Determinan ke 2: 0.62768

Nilai Determinan ke 3: 2.861

Sistem Bersifat Stabil

#### 4.9.4 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) Menggunakan Kriteria *Continued Fraction*

Kode Matlab untuk analisa kestabilan sistem eksitasi generator dengan pengendali Proporsional (P) menggunakan kriteria *Continued Fraction* sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta    1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te    1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg    1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
num_ol_p = [ 0.0000    0.0000    0.0000    3.5580];
den_ol_p = [ 0.0400    0.5400    1.5000    1.0000];
%
```

```

% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_ol_p = tf(num_ol_p,den_ol_p)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
[num_cl_p,den_cl_p] = cloop(num_ol_p,den_ol_p,-1);
sys_cl_p = tf(num_cl_p,den_cl_p)
%
% Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Kriteria Continued Fraction
disp('Nilai Indeks Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Tanpa
Pengendali Proporsional (P)')
fraction(den_cl)
%
% Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Kriteria Continued Fraction
fprintf('\n')
disp('Nilai Indeks Kestabilan Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
fraction(den_cl_p)

```

### Hasil program

Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator  
sys\_ol =

$$\frac{10}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1}$$

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator  
sys\_cl =

$$\frac{10}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11}$$

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

$$\text{sys\_ol\_p} = \frac{3.558}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1}$$

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

$$\text{sys\_cl\_p} = \frac{3.558}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 4.558}$$

Continuous-time transfer function.

Nilai Indeks Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Tanpa Pengendali Proporsional (P)

Nilai H1	=	0.07407
Nilai H2	=	0.7881
Nilai H3	=	0.06229
Sistem Stabil		

Nilai Indeks Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

Nilai H1	=	0.07407
Nilai H2	=	0.4646
Nilai H3	=	0.255
Sistem Stabil		

#### 4.9.5 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) Menggunakan Kriteria Nyquist

Kode Matlab untuk analisa kestabilan sistem eksitasi generator dengan pengendali Proporsional (P) menggunakan kriteria Nyquist sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
```

```

Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta    1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te    1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg    1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi
Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
num_ol_p = [ 0.0000    0.0000    0.0000    3.5580];
den_ol_p = [ 0.0400    0.5400    1.5000    1.0000];
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_ol_p = tf(num_ol_p,den_ol_p)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
[num_cl_p,den_cl_p] = cloop(num_ol_p,den_ol_p,-1);
sys_cl_p = tf(num_cl_p,den_cl_p)
%
% Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Kriteria Nyquist

```

```

disp('Diagram Nyquist Sistem Eksitasi Generator Tanpa
Pengendali Proporsional (P)')
figure
newnyq(num_ol,den_ol)
grid on
%
% Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Kriteria Nyquist
fprintf('\n')
disp('Diagram Nyquist Sistem Eksitasi Generator Dengan
Pengendali Proporsional (P)')
figure
newnyq(num_ol_p,den_ol_p)
grid on

```

## Hasil program

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator

```

sys_ol =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1

```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator

```

sys_cl =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11

```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan  
Pengendali Proporsional (P)

```

sys_ol_p =
          3.558
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1

```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan  
Pengendali Proporsional (P)

```

sys_cl_p =
          3.558
-----

```

$$0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 4.558$$

Continuous-time transfer function.

Diagram Nyquist Sistem Eksitasi Generator Tanpa Pengendali Proporsional (P)

stable k range  
-0.1 < k < 1.925

Diagram Nyquist Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

stable k range  
-0.28106 < k < 5.4103

#### **4.9.6 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) Menggunakan Kriteria Bode**

Kode Matlab untuk analisa kestabilan sistem eksitasi generator dengan pengendali Proporsional (P) menggunakan kriteria Bode sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta   1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te   1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg   1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
```

```

%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi
Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional
num_ol_p = [ 0.0000    0.0000    0.0000    3.5580];
den_ol_p = [ 0.0400    0.5400    1.5000    1.0000];
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_ol_p = tf(num_ol_p,den_ol_p)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
[num_cl_p,den_cl_p] = cloop(num_ol_p,den_ol_p,-1);
sys_cl_p = tf(num_cl_p,den_cl_p)
%
% Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Kriteria Bode
disp('Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Tanpa
Pengendali Proporsional (P)')
[Gm,Pm,Wgm,Wpm] = margin(sys_ol);
K = 1/Gm;
fprintf('Nilai Indeks Bode      = %10.5g  \n',K)
if (K>0)
    disp('Sistem Stabil')
else
    disp('Sistem Tidak Stabil')
end
%
% Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Kriteria Bode
fprintf('\n')
disp('Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Pengendali Proporsional (P)')

```



```
[Gmp,Pmp,Wgmp,Wpmp] = margin(sys_ol_p);
K_p= 1/Gmp;
fprintf('Nilai Indeks Bode      = %10.5g  \n',K_p)
if (K_p>0)
    disp('Sistem Stabil')
else
    disp('Sistem Tidak Stabil')
end
```

### Hasil program

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator

```
sys_ol =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator

```
sys_cl =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```
sys_ol_p =
          3.558
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```
sys_cl_p =
          3.558
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 4.558
```

Continuous-time transfer function.

Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Tanpa Pengendali Proporsional (P)

Nilai Indeks Bode = 0.51948  
Sistem Stabil

Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan  
Pengendali Proporsional (P)  
Nilai Indeks Bode = 0.18483  
Sistem Stabil

#### **4.10 Kode Matlab Untuk Analisa Kekokohan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)**

Kode Matlab untuk analisa kekokohan sistem eksitasi generator dengan pengendali Proporsional (P) menggunakan kriteria Bode sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0 Ka];
den_A = [ Ta 1];
num_E = [ 0 Ke];
den_E = [ Te 1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0 Kg];
den_2 = [ Tg 1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Kriteria Puncak Maksimum Sistem Eksitasi Generator
```

```

Ms = norm((1 - sys_cl),inf,1e-4);
Mt = norm(sys_cl,inf,1e-4);
disp('Nilai Puncak Maksimum Sistem Eksitasi Generator')
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas                =
%10.5g  \n',Ms)
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas Komplementer    =
%10.5g  \n',Mt)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
num_ol_p = [ 0.0000    0.0000    0.0000    3.5580];
den_ol_p = [ 0.0400    0.5400    1.5000    1.0000];
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_ol_p = tf(num_ol_p,den_ol_p)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
[num_cl_p,den_cl_p] = cloop(num_ol_p,den_ol_p,-1);
sys_cl_p = tf(num_cl_p,den_cl_p)
%
% Kriteria Puncak Maksimum Dengan Pengendali Proporsional (P)
fprintf('\n')
Ms_p = norm((1 - sys_cl_p),inf,1e-4);
Mt_p = norm(sys_cl_p,inf,1e-4);
disp('Nilai Puncak Maksimum Dengan Pengendali Proporsional
(P)')
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas                =
%10.5g  \n',Ms_p)
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas Komplementer    =
%10.5g  \n',Mt_p)
%
% Tanggapan Fungsi Sensitivitas dan Fungsi Sensitivitas
Komplementer Tanpa dan Dengan Pengendali Proporsional
Integral (PI)
figure
loops = loopsens(tf(num_ol,den_ol),1);
loops_pi = loopsens(tf(num_ol_p,den_ol_p),1);

```

```

bode(loops.Si,'-',loops_pi.Si,'--',loops.Ti,'-
',loops_pi.Ti,'--')
hleg = legend('Tanpa Pengendali Proporsional (P)','Dengan
Pengendali Proporsional (P)');
grid on

```

### Hasil program

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator

```

sys_ol =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1

```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator

```

sys_cl =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11

```

Continuous-time transfer function.

Nilai Puncak Maksimum Sistem Eksitasi Generator

Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas = 3.7636

Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas Komplementer = 3.3009

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan  
Pengendali Proporsional (P)

```

sys_ol_p =
          3.558
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1

```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan  
Pengendali Proporsional (P)

```

sys_cl_p =
          3.558
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 4.558

```

Continuous-time transfer function.

Nilai Puncak Maksimum Dengan Pengendali Proporsional (P)  
 Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas = 1.6225  
 Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas Komplementer = 1.0716

#### **4.11 Kode Matlab Untuk Tanggapan *Input Disturbance Rejection* Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)**

Kode Matlab untuk tanggapan *input disturbance rejection* sistem eksitasi generator dengan pengendali Proporsional (P) sebagai berikut

```

clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta    1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te    1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg    1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi
Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional
num_ol_p = [ 0.0000    0.0000    0.0000    3.5580];
den_ol_p = [ 0.0400    0.5400    1.5000    1.0000];
  
```

```

%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_ol_p = tf(num_ol_p,den_ol_p)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
[num_cl_p,den_cl_p] = cloop(num_ol_p,den_ol_p,-1);
sys_cl_p = tf(num_cl_p,den_cl_p)
%
% Tanggapan Untuk Tipe Input Disturbance
sys_cl_di = tf(num_ol,den_cl_p);
step(sys_cl_di)
ylabel('Tegangan (pu)')
xlabel('Waktu (detik)')
grid on
title('Tanggapan Tegangan Sistem Eksitasi Generator Tanpa dan
Dengan Pengendali Proporsional (P) Terhadap Gangguan Tipe
Masukan')

```

### Hasil program

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator

```

sys_ol =

```

$$\frac{10}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1}$$

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator

```

sys_cl =

```

$$\frac{10}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11}$$

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan  
Pengendali Proporsional (P)

```

sys_ol_p =
          3.558
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1

```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```

sys_cl_p =
          3.558
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 4.558

```

Continuous-time transfer function.

```

sys_cl_di =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 4.558

```

Continuous-time transfer function.

## 4.12 Kode Matlab Untuk Tanggapan *Output Disturbance Rejection* Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

Kode Matlab untuk tanggapan *output disturbance rejection* sistem eksitasi generator dengan pengendali Proporsional (P) sebagai berikut

```

clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0      Ka];

```

```

den_A = [ Ta    1];
num_E = [ 0     Ke];
den_E = [ Te    1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0     Kg];
den_2 = [ Tg    1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi
Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
num_ol_p = [ 0.0000    0.0000    0.0000    3.5580];
den_ol_p = [ 0.0400    0.5400    1.5000    1.0000];
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_ol_p = tf(num_ol_p,den_ol_p)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
[num_cl_p,den_cl_p] = cloop(num_ol_p,den_ol_p,-1);
sys_cl_p = tf(num_cl_p,den_cl_p)
%
% Tanggapan Untuk Tipe Output Disturbance
sys_cl_do = tf(1,den_cl_p);
step(sys_cl_do)
ylabel('Tegangan (pu)')
xlabel('Waktu (detik)')
grid on
title('Tanggapan Tegangan Sistem Eksitasi Generator Tanpa dan
Dengan Pengendali Proporsional (P) Terhadap Gangguan Tipe
Keluaran')

```



### Hasil program

Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator

```
sys_ol =  
          10  
-----  
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator

```
sys_cl =  
          10  
-----  
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```
sys_ol_p =  
          3.558  
-----  
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```
sys_cl_p =  
          3.558  
-----  
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 4.558
```

Continuous-time transfer function.

### 4.13 Kode Matlab Untuk Perancangan Pengendali Integral (I) Dengan PIDTool Model Standard

Kode Matlab untuk perancangan pengendali Integral (I) pada sistem eksitasi generator menggunakan PIDTool model Standard sebagai berikut

```
clc  
clear all  
close all  
close all hidden  
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
```

```

Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0      Ka];
den_A = [ Ta    1];
num_E = [ 0      Ke];
den_E = [ Te    1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0      Kg];
den_2 = [ Tg    1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Perancangan Pengendali Integral Dengan PIDTool
pidtool(sys_ol,'i')

```

#### **4.14 Kode Matlab Untuk Perancangan Pengendali Proporsional Integral (PI) Dengan PIDTool Model Standard**

Kode Matlab untuk perancangan pengendali Proporsional Integral (PI) pada sistem eksitasi generator menggunakan PIDTool model standard sebagai berikut

```

clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0      Ka];
den_A = [ Ta    1];
num_E = [ 0      Ke];

```

```

den_E = [ Te 1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0 Kg];
den_2 = [ Tg 1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Perancangan Pengendali Proporsional Integral (PI) Dengan
PIDTool
pidtool(sys_ol,'pi')

```

#### 4.15 Kode Matlab Untuk Perancangan Pengendali Proporsional Diferensial (PD) Dengan PIDTool Model Standard

Kode Matlab untuk perancangan pengendali Proporsional Diferensial (PD) pada sistem eksitasi generator menggunakan PIDTool model standard sebagai berikut

```

clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0 Ka];
den_A = [ Ta 1];
num_E = [ 0 Ke];
den_E = [ Te 1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0 Kg];
den_2 = [ Tg 1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Perancangan Pengendali Proporsional Diferensial (PD) Dengan
PIDTool
pidtool(sys_ol,'pd')

```

#### **4.16 Kode Matlab Untuk Perancangan Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID) Dengan PIDTool Model Standard**

Kode Matlab untuk perancangan pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID) pada sistem eksitasi generator menggunakan PIDTool model standard sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta   1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te   1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg   1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Perancangan Pengendali Proporsional Integral Diferensial
(PID) Dengan PIDTool
pidtool(sys_ol,'pid')
```

#### **4.17 Kode Matlab Untuk Perancangan Pengendali Proporsional Diferensial Dengan Filter Orde Pertama Pada Bagian Diferensial (PDF) Dengan PIDTool Model Standard**

Kode Matlab untuk perancangan pengendali Proporsional Diferensial Dengan Filter Orde Pertama Pada Bagian Diferensial (PDF) pada sistem eksitasi generator menggunakan PIDTool model standard sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta    1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te    1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg    1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Perancangan Pengendali Proporsional Diferensial Dengan
Filter Orde Pertama Pada Bagian Diferensial Dengan PIDTool
pidtool(sys_ol,'pdf')
```

#### 4.18 Kode Matlab Untuk Perancangan Pengendali Proporsional Integral Diferensial Dengan Filter Orde Pertama Pada Bagian Diferensial (PIDF) Dengan PIDTool Model Standard

Kode Matlab untuk perancangan pengendali Proporsional Integral Diferensial Dengan Filter Orde Pertama Pada Bagian Diferensial (PIDF) pada sistem eksitasi generator menggunakan PIDTool model standard sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta   1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te   1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg   1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Perancangan Pengendali Proporsional Integral Diferensial
Dengan Filter Orde Pertama Bagian Diferensial (PIDF) Dengan
PIDTool
pidtool(sys_ol,'pidf')
```

## **BAB 5. KODE – KODE MATLAB UNTUK SISTEM KENDALI EKSITASI GENERATOR DENGAN PIDTUNE**

### **5.1 Pendahuluan**

Bagian ini menjelaskan kode – kode Matlab yang digunakan untuk perancangan dan analisa sistem kendali eksitasi generator dengan menggunakan bantuan perangkat lunak Matlab. Fasilitas Matlab yang digunakan untuk perancangan pengendali adalah PIDTune.

### **5.2 Kriteria Perancangan Pengendali Untuk Sistem Eksitasi Generator**

Perancangan pengendali untuk tanggapan tegangan sistem eksitasi generator dilakukan dengan beberapa kriteria yang meliputi kriteria domain waktu, kriteria domain frekuensi, kriteria kestabilan dan kriteria kekokohan. Adapun rincian untuk masing – masing kriteria perancangan telah ditetapkan pada bagian 3.3

### **5.3 Kode Matlab Untuk Perancangan Pengendali Proporsional (P) Dengan PIDTune**

Kode Matlab untuk perancangan pengendali Proporsional (P) sistem eksitasi generator dengan PIDTune sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
```

```

disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta    1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te    1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg    1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi
Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Perancangan Pengendali Proporsional (P)
[C_p,info] = pidtune(sys_ol,'p')
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P) ')
sys_ol_p = C_p * sys_ol
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_cl_p = feedback(C_p*sys_ol, 1)

```

## Hasil program

Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator  
sys\_ol =

$$\frac{10}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1}$$

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator  
sys\_cl =

$$10$$



```

-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11
Continuous-time transfer function.

C_p =
    Kp = 0.334

P-only controller.
info =
           Stable: 1
    CrossoverFrequency: 2.2246
           PhaseMargin: 60.0185

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan
Pengendali Proporsional (P)
sys_ol_p =
           3.345
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan
Pengendali Proporsional (P)
sys_cl_p =
           3.345
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 4.345
Continuous-time transfer function.

```

## 5.4 Kode Matlab Untuk Tanggapan Pengendali Proporsional (P)

Kode Matlab untuk tanggapan pengendali Proporsional (P) sistem eksitasi generator dengan PIDTune sebagai berikut

```

clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;

```

```

Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta    1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te    1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg    1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Perancangan Pengendali Proporsional (P)
[C_p,info] = pidtune(sys_ol,'p')
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P) ')
sys_ol_p = C_p * sys_ol
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_cl_p = feedback(C_p*sys_ol, 1)
den_cl_p = get(sys_cl_p,'den');
%
% Fungsi Alih Keluaran Pengendali Proporsional (P) Terhadap
Masukan Undak
% Satuan
disp('Fungsi Alih Keluaran Pengendali Proporsional (P)
Terhadap Masukan Undak Satuan ')
Kp = get(C_p,'Kp');
sys_U = tf(Kp,den_cl_p)
%

```

```
% Tanggapan Kesalahan Sistem Eksitasi Generator Terhadap
Masukan Undak
% Satuan
figure
step(sys_U)
ylabel('Keluaran Pengendali U(s)')
xlabel('Waktu')
title('Tanggapan Keluaran Pengendali Proporsional (P)
Terhadap Masukan Undak Satuan')
grid on
```

### Hasil program

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator

```
sys_ol =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator

```
sys_cl =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11
```

Continuous-time transfer function.

```
C_p =
    Kp = 0.334
```

P-only controller.

```
info =
      Stable: 1
CrossoverFrequency: 2.2246
      PhaseMargin: 60.0185
```

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```
sys_ol_p =
          3.345
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```
sys_cl_p =
          3.345
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 4.345
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Keluaran Pengendali Proporsional (P) Terhadap Masukan Undak Satuan

```
sys_U =
          0.3345
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 4.345
```

Continuous-time transfer function.

## 5.5 Kode Matlab Untuk Analisa Kesalahan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

Kode Matlab untuk analisa kesalahan sistem eksitasi generator dengan pengendali Proporsional (P) sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta   1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te   1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg   1];
```

```

[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi
Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Perhitungan Konstanta Kesalahan dan Kesalahan Keadaan
Mantap Sistem Eksitasi Generator
disp('Perhitungan Konstanta Kesalahan dan Kesalahan Keadaan
Mantap Sistem Eksitasi Generator')
Errortf(num_ol,den_ol)
%
% disp('Fungsi Alih Kesalahan Keadaan Mantap ')
sys_e= tf(1,den_cl)
%
% Perancangan Pengendali Proporsional (P)
[C_p,info] = pidtune(sys_ol,'p')
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_ol_p = C_p * sys_ol
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_cl_p = feedback(C_p*sys_ol, 1)
%
% Fungsi Alih Kesalahan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Kesalahan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Pengendali Proporsional (P)')
den_cl_p = get(sys_cl_p,'den');
sys_e_p = tf(1,den_cl_p)
%
% Perhitungan Konstanta Kesalahan dan Kesalahan Keadaan
Mantap Sistem
% Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```

```

disp('Perhitungan Konstanta Kesalahan dan Kesalahan Keadaan
Mantap Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali
Proporsional (P) ')
num_ol_p = [0.0000 0.0000 0.0000 3.3450];
den_ol_p = [0.0400 0.5400 1.5000 1.0000];
Errortf(num_ol_p,den_ol_p)
%
% Tanggapan Kesalahan Sistem Eksitasi Generator Tanpa dan
Dengan Pengendali Proporsional (P) Terhadap Masukan Undak
% Satuan
figure
step(sys_e,'-',sys_e_p,'--')
hleg = legend('Tanpa Pengendali Proporsional (P)','Dengan
Pengendali Proporsional (P)');
ylabel('Kesalahan Tegangan (pu)')
xlabel('Waktu')
title('Tanggapan Kesalahan Keadaan Mantap Sistem Eksitasi
Generator Tanpa dan Dengan Pengendali Proporsional (P)')
grid on

```

## Hasil program

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator

```

sys_ol =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1

```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator

```

sys_cl =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11

```

Continuous-time transfer function.

Perhitungan Konstanta Kesalahan dan Kesalahan Keadaan Mantap Sistem Eksitasi Generator

Tipe Sistem adalah 0

Konstanta Kesalahan Posisi (Kp) adalah 10.0000

Konstanta Kesalahan Kecepatan (Kv) adalah 0.0000

Konstanta Kesalahan Percepatan (Ka) adalah 0.0000

Kesalahan Keadaan Mantap Untuk Masukan Undak adalah 0.0909

Kesalahan Keadaan Mantap Untuk Masukan Laju adalah Inf

Kesalahan Keadaan Mantap Untuk Masukan Parabolik adalah Inf

```

sys_e =
          1
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11

```

Continuous-time transfer function.

```

C_p =
  Kp = 0.334

```

P-only controller.

```

info =
      Stable: 1
CrossoverFrequency: 2.2246
PhaseMargin: 60.0185

```

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan  
Pengendali Proporsional (P)

```

sys_ol_p =
          3.345
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1

```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```

sys_cl_p =
          3.345
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 4.345

```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Kesalahan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```

sys_e_p =
          1
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 4.345

```

Continuous-time transfer function.

Perhitungan Konstanta Kesalahan dan Kesalahan Keadaan Mantap Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)  
Tipe Sistem adalah 0

Konstanta Kesalahan Posisi (Kp) adalah 3.3450

Konstanta Kesalahan Kecepatan (Kv) adalah 0.0000

Konstanta Kesalahan Percepatan (Ka) adalah 0.0000

Kesalahan Keadaan Mantap Untuk Masukan Undak adalah 0.2301

Kesalahan Keadaan Mantap Untuk Masukan Laju adalah Inf

Kesalahan Keadaan Mantap Untuk Masukan Parabolik adalah Inf

## 5.6 Kode Matlab Untuk Analisa Peralihan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

Kode Matlab untuk analisa peralihan sistem eksitasi generator dengan pengendali Proporsional (P) sebagai berikut

```

clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi

```



```

Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta   1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te   1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg   1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi
Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Analisa Peralihan Sistem Eksitasi Generator
disp('Analisa Peralihan Sistem Eksitasi Generator')
P = stepinfo(sys_cl);
Tr = P.RiseTime;
Tp = P.PeakTime;
Ts = P.SettlingTime;
N_p = P.Peak;
Mp = P.Overshoot;
%
t = 0:0.01:20.00;
[y,x,t] = step(num_cl,den_cl,t);
k = max(y);
tv = sum(abs(diff(y)));
k1 = sort(y,'descend');
k2 = k1(1);
k3 = k1(2);
K = k3/k2;
e1 = abs(1 - dcgain(sys_cl));
EV = (tv/abs(dcgain(sys_cl)));
%
fprintf('Nilai Waktu Naik                = %10.5g detik\n',Tr)

```

```

fprintf('Nilai Waktu Puncak           = %10.5g detik\n',Tp)
fprintf('Nilai Waktu Keadaan Mantap   = %10.5g detik\n',Ts)
fprintf('Nilai Puncak                   = %10.5g \n',N_p)
fprintf('Nilai Lewatan Maksimum        = %10.5g
Persen\n',Mp)
fprintf('Total Variasi                   = %10.5g \n',tv)
fprintf('Decay Ratio                       = %10.5g \n',K)
fprintf('Steady State Offset                = %10.5g \n',e1)
fprintf('Excess Variation                   = %10.5g \n',EV)
%
% Perancangan Pengendali Proporsional (P)
[C_p,info] = pidtune(sys_ol,'p')
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_ol_p = C_p * sys_ol
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_cl_p = feedback(C_p*sys_ol, 1)
%
% Analisa Peralihan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Pengendali Proporsional (P)
disp('Analisa Peralihan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Pengendali Proporsional (P) ')
P_p = stepinfo(sys_cl_p);
Tr_p = P_p.RiseTime;
Tp_p = P_p.PeakTime;
Ts_p = P_p.SettlingTime;
N_pp = P_p.Peak;
Mp_p = P_p.Overshoot;
%
t = 0:0.01:20.00;
[y_p,x_p,t] = step(sys_cl_p,t);
k_p = max(y_p);
tv_p = sum(abs(diff(y_p)));
k1_p = sort(y_p, 'descend');
k2_p = k1_p(1);
k3_p = k1_p(2);
K_p = k3_p/k2_p;
e1_p = abs(1 - dcgain(sys_cl_p));

```

```

EV_p = (tv_p/abs(dcgain(sys_cl_p)));
%
fprintf('Nilai Waktu Naik                = %10.5g\n',Tr_p)
fprintf('Nilai Waktu Puncak              = %10.5g\n',Tp_p)
fprintf('Nilai Waktu Keadaan Mantap      = %10.5g\n',Ts_p)
fprintf('Nilai Puncak                    = %10.5g \n',N_pp)
fprintf('Nilai Lewatan Maksimum          = %10.5g\n',Mp_p)
fprintf('Total Variasi                    = %10.5g \n',tv_p)
fprintf('Decay Ratio                      = %10.5g \n',K_p)
fprintf('Steady State Offset                = %10.5g \n',el_p)
fprintf('Excess Variation                  = %10.5g \n',EV_p)
%
% Tanggapan Tegangan Sistem Eksitasi Generator Terhadap
Masukan Undak
% Satuan Tanpa dan Dengan Pengendali Proporsional (P)
step(sys_cl, '-', sys_cl_p, '--');
hleg = legend('Tanpa Pengendali Proporsional (P)', 'Dengan
Pengendali Proporsional (P)');
ylabel('Tegangan (pu)')
xlabel('Waktu')
grid on
title('Tanggapan Tegangan Sistem Eksitasi Generator Tanpa dan
Dengan Pengendali Proporsional (P) Terhadap Masukan Undak
Satuan ')

```

## Hasil program

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator

$$\text{sys\_ol} = \frac{10}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1}$$

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator

$$\text{sys\_cl} = \frac{10}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11}$$

Continuous-time transfer function.

#### Analisa Peralihan Sistem Eksitasi Generator

Nilai Waktu Naik	=	0.2636 detik
Nilai Waktu Puncak	=	0.75062 detik
Nilai Waktu Keadaan Mantap	=	6.2147 detik
Nilai Puncak	=	1.4686
Nilai Lewatan Maksimum	=	61.545 Persen
Total Variasi	=	4.2262
Decay Ratio	=	0.99965
Steady State Offset	=	0.090909
Excess Variation	=	4.6488

C<sub>p</sub> =  
K<sub>p</sub> = 0.334

P-only controller.

info =

Stable: 1  
CrossoverFrequency: 2.2246  
PhaseMargin: 60.0185

#### Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

sys\_ol\_p =  
3.345  
-----  
0.04 s<sup>3</sup> + 0.54 s<sup>2</sup> + 1.5 s + 1

Continuous-time transfer function.

#### Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

sys\_cl\_p =  
3.345  
-----  
0.04 s<sup>3</sup> + 0.54 s<sup>2</sup> + 1.5 s + 4.345

Continuous-time transfer function.

#### Analisa Peralihan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

Nilai Waktu Naik	=	0.4931 detik
Nilai Waktu Puncak	=	1.1726 detik
Nilai Waktu Keadaan Mantap	=	2.7666 detik
Nilai Puncak	=	0.95638

Nilai Lewatan Maksimum	=	24.232 Persen
Total Variasi	=	1.2708
Decay Ratio	=	0.9999
Steady State Offset	=	0.23017
Excess Variation	=	1.6508

### **5.7 Kode Matlab Untuk Analisa Performansi Dalam Domain Frekuensi Untuk Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)**

Kode Matlab untuk analisa performansi dalam domain frekuensi sistem eksitasi generator dengan pengendali Proporsional (P) untuk fungsi alih lingkaran terbuka sebagai berikut

```

clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta    1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te    1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg    1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
```

```

% Performansi Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dalam
Domain
% Frekuensi
disp('Performansi Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dalam Domain Frekuensi')
y = allmargin(sys_ol);
GM    = y.GainMargin;
f_GM  = y.GMFrequency;
PM    = y.PhaseMargin;
f_PM  = y.PMFrequency;
fprintf('Margin Penguatan                = %10.5g \n',GM)
fprintf('Frekuensi Margin Penguatan      = %10.5g
rad/detik\n',f_GM)
fprintf('Margin Fasa                      = %10.5g
derjat\n',PM)
fprintf('Frekuensi Margin Fasa           = %10.5g
rad/detik\n',f_PM)
%
% Perancangan Pengendali Proporsional (P)
[C_p,info] = pidtune(sys_ol,'p')
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_ol_p = C_p * sys_ol
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_cl_p = feedback(C_p*sys_ol, 1)
%
% Performansi Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P) Dalam Domain
% Frekuensi
disp('Performansi Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P) Dalam Domain Frekuensi ')
y_p = allmargin(sys_ol_p);
GM_p  = y_p.GainMargin;
f_GM_p = y_p.GMFrequency;
PM_p  = y_p.PhaseMargin;
f_PM_p = y_p.PMFrequency;
fprintf('Margin Penguatan                = %10.5g \n',GM_p)

```

```

fprintf('Frekuensi Margin Penguatan = %10.5g
rad/detik\n',f_GM_p)
fprintf('Margin Fasa = %10.5g
derjat\n',PM_p)
fprintf('Frekuensi Margin Fasa = %10.5g
rad/detik\n',f_PM_p)
%
% Diagram Bode Sistem Eksitasi Generator Tanpa dan Dengan
Pengendali Proporsional (P)
bode(sys_ol,'-',sys_ol_p,'--')
hleg = legend('Tanpa Pengendali Proporsional (P)','Dengan
Pengendali Proporsional (P)');
grid on

```

## Hasil program

Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator

```

sys_ol =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1

```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator

```

sys_cl =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11

```

Continuous-time transfer function.

Performansi Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dalam Domain Frekuensi

Margin Penguatan	=	1.925
Frekuensi Margin Penguatan	=	6.1238 rad/detik
Margin Fasa	=	18.594 derjat
Frekuensi Margin Fasa	=	4.405 rad/detik

```

C_p =
  Kp = 0.334

```

P-only controller.

```

info =
          Stable: 1
      CrossoverFrequency: 2.2246
          PhaseMargin: 60.0185

```

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```
sys_ol_p =
          3.345
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```
sys_cl_p =
          3.345
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 4.345
```

Continuous-time transfer function.

Performansi Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) Dalam Domain Frekuensi

Margin Penguatan	=	5.7556
Frekuensi Margin Penguatan	=	6.1238 rad/detik
Margin Fasa	=	60 derajat
Frekuensi Margin Fasa	=	2.2246 rad/detik

## 5.8 Kode Matlab Untuk Analisa Performansi Dalam Domain Frekuensi Untuk Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

Kode Matlab untuk analisa performansi dalam domain frekuensi sistem eksitasi generator dengan pengendali Proporsional (P) untuk fungsi alih lingkaran tertutup sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
```



```

%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta    1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te    1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg    1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Performansi Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dalam Domain Frekuensi
disp('Performansi Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dalam Domain Frekuensi ')
[gpeak,fpeak] = getPeakGain(sys_cl);
bw = bandwidth(sys_cl);
fprintf('Lebar Pita (rad/detik) = %10.5g\n',bw)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi = %10.5g\n',gpeak)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi (dB) = %10.5g\n',mag2db(gpeak))
fprintf('Frekuensi Puncak Resonansi (rad/detik) = %10.5g\n',fpeak)
%
% Perancangan Pengendali Proporsional (P)
[C_p,info] = pidtune(sys_ol,'p')
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_ol_p = C_p * sys_ol
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali

```

```

% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_cl_p = feedback(C_p*sys_ol, 1)
%
% Performansi Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P) Dalam Domain Frekuensi
disp('Performansi Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dalam Domain Frekuensi Dengan Pengendali Proporsional (P)
Dalam Domain Frekuensi ')
[gpeak_p,fpeak_p] = getPeakGain(sys_cl_p);
bw_p = bandwidth(sys_cl_p);
fprintf('Lebar Pita (rad/detik) = %10.5g\n',bw_p)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi = %10.5g\n',gpeak_p)
fprintf('Nilai Puncak Resonansi (dB) = %10.5g\n',mag2db(gpeak_p))
fprintf('Frekuensi Puncak Resonansi (rad/detik) = %10.5g\n',fpeak_p)
%
% Diagram Magnitude Bode Sistem Eksitasi Generator Dengan
Pengendali Proporsional (P)
bodemag(sys_cl,'-',sys_cl_p,'--')
hleg = legend('Tanpa Pengendali Proporsional (P)','Dengan
Pengendali Proporsional (P)');
grid on

```

## Hasil program

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator  
sys\_ol =

$$\frac{10}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1}$$

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator  
sys\_cl =

$$\frac{10}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11}$$

Continuous-time transfer function.

Performansi Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dalam Domain Frekuensi

Lebar Pita (rad/detik)	=	6.9693
Nilai Puncak Resonansi	=	3.3009
Nilai Puncak Resonansi (dB)	=	10.373
Frekuensi Puncak Resonansi (rad/detik)	=	4.643

C<sub>p</sub> =  
K<sub>p</sub> = 0.334

P-only controller.

info =  
Stable: 1  
CrossoverFrequency: 2.2246  
PhaseMargin: 60.0185

Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

sys<sub>ol\_p</sub> =  
3.345  
-----  
0.04 s<sup>3</sup> + 0.54 s<sup>2</sup> + 1.5 s + 1

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

sys<sub>cl\_p</sub> =  
3.345  
-----  
0.04 s<sup>3</sup> + 0.54 s<sup>2</sup> + 1.5 s + 4.345

Continuous-time transfer function.

Performansi Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dalam Domain Frekuensi Dengan Pengendali Proporsional (P) Dalam Domain Frekuensi

Lebar Pita (rad/detik)	=	4.1927
Nilai Puncak Resonansi	=	1.0152
Nilai Puncak Resonansi (dB)	=	0.13134
Frekuensi Puncak Resonansi (rad/detik)	=	2.3715

## 5.9 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan

Bagian ini berisi kode – kode Matlab yang digunakan dalam analisa kestabilan sistem eksitasi generator dengan menggunakan pengendali Proporsional (P). Adapun metoda – metoda yang digunakan dalam analisa kestabilan meliputi metoda Lyapunov Pertama, kriteria Routh, kriteria Hurwitz, kriteria Continued Fraction, kriteria Nyquist dan kriteria Bode.

### 5.9.1 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) Menggunakan Metoda Lyapunov Pertama

Kode Matlab untuk analisa kestabilan sistem eksitasi generator dengan pengendali Proporsional (P) menggunakan metoda Lyapunov Pertama sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta   1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te   1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg   1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi
Generator')
```

```

[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Perancangan Pengendali Proporsional (P)
[C_p,info] = pidtune(sys_ol,'p')
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P) ')
sys_ol_p = C_p * sys_ol
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P) ')
sys_cl_p = feedback(C_p*sys_ol, 1)
%
% Periksa Kestabilan Dengan Metoda Lyapunov Pertama Untuk
Sistem Eksitasi Generator Tanpa Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Nilai Eigen Sistem Eksitasi Generator Tanpa Pengendali
Proporsional (P) ')
k = pole(sys_cl)
%
% Periksa Kestabilan Dengan Metoda Lyapunov Pertama Untuk
Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Nilai Eigen Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali
Proporsional (P) ')
k_p = pole(sys_cl_p)

```

### Hasil program

Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator  
sys\_ol =

$$\frac{10}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1}$$

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator  
sys\_cl =

$$10$$

```

-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11
Continuous-time transfer function.

C_p =
  Kp = 0.334

P-only controller.

info =
      Stable: 1
  CrossoverFrequency: 2.2246
      PhaseMargin: 60.0185

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan
Pengendali Proporsional (P)
sys_ol_p =
      3.345
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan
Pengendali Proporsional (P)
sys_cl_p =
      3.345
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 4.345
Continuous-time transfer function.

Nilai Eigen Sistem Eksitasi Generator Tanpa Pengendali
Proporsional (P)
k =
-12.2703 + 0.0000i
-0.6148 + 4.6940i
-0.6148 - 4.6940i

Nilai Eigen Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali
Proporsional (P)
k_p =
-10.9866 + 0.0000i
-1.2567 + 2.8822i
-1.2567 - 2.8822i

```

### 5.9.2 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) Menggunakan Kriteria Routh

Kode Matlab untuk analisa kestabilan sistem eksitasi generator dengan pengendali Proporsional (P) menggunakan kriteria Routh sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta   1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te   1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg   1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Perancangan Pengendali Proporsional (P)
[C_p,info] = pidtune(sys_ol,'p')
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)')
```

```

sys_ol_p = C_p * sys_ol
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_cl_p = feedback(C_p*sys_ol, 1)
%
% Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Kriteria Routh
disp('Deret Routh Sistem Eksitasi Generator Tanpa Pengendali
Proporsional (P)')
p = myRouth(den_cl)
%
% Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Kriteria Routh
disp('Deret Routh Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali
Proporsional (P)')
den_cl_p = [0.0400 0.5400 1.5000 4.3446];
p_p = myRouth(den_cl_p)

```

### Hasil program

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator

```

sys_ol =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1

```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator

```

sys_cl =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11

```

Continuous-time transfer function.

```

C_p =
    Kp = 0.334

```

P-only controller.

```

info =
          Stable: 1

```



```
CrossoverFrequency: 2.2246
PhaseMargin: 60.0185
```

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```
sys_ol_p =
          3.345
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```
sys_cl_p =
          3.345
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 4.345
```

Continuous-time transfer function.

Deret Routh Sistem Eksitasi Generator Tanpa Pengendali Proporsional (P)

```
p =
[ 1/25, 3/2]
[ 27/50, 11]
[ 37/54, 0]
[ 11, 0]
```

Deret Routh Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```
p_p =
[ 1/25, 3/2]
[ 27/50, 21723/5000]
[ 26509/22500, 0]
[ 21723/5000, 0]
```

### 5.9.3 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) Menggunakan Kriteria Hurwitz

Kode Matlab untuk analisa kestabilan sistem eksitasi generator dengan pengendali Proporsional (P) menggunakan kriteria Hurwitz sebagai berikut

```
clc
clear all
```

```

close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta   1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te   1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg   1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi
Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Perancangan Pengendali Proporsional (P)
[C_p,info] = pidtune(sys_ol,'p')
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional(P) ')
sys_ol_p = C_p * sys_ol
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_cl_p = feedback(C_p*sys_ol, 1)
%

```

```
% Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Kriteria Hurwitz
disp('Nilai Determinan Kestabilan Sistem Eksitasi Generator
Tanpa Pengendali Proporsional (P)')
hurwitz(den_cl)
%
% Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Kriteria Hurwitz
fprintf('\n')
disp('Nilai Determinan Kestabilan Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
den_cl_p = [0.0400 0.5400 1.5000 4.3446];
hurwitz(den_cl_p)
```

### Hasil program

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator

```
sys_ol =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator

```
sys_cl =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11
```

Continuous-time transfer function.

```
C_p =
Kp = 0.334
```

P-only controller.

```
info =
      Stable: 1
CrossoverFrequency: 2.2246
      PhaseMargin: 60.0185
```

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```
sys_ol_p =
          3.345
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```
sys_cl_p =  
          3.345  
-----  
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 4.345
```

Continuous-time transfer function.

Nilai Determinan Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Tanpa Pengendali Proporsional (P)

Nilai Determinan ke 1: 0.54

Nilai Determinan ke 2: 0.37

Nilai Determinan ke 3: 4.07

Sistem Bersifat Stabil

Nilai Determinan Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

Nilai Determinan ke 1: 0.54

Nilai Determinan ke 2: 0.63622

Nilai Determinan ke 3: 2.7641

Sistem Bersifat Stabil

#### **5.9.4 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) Menggunakan Kriteria *Continued Fraction***

Kode Matlab untuk analisa kestabilan sistem eksitasi generator dengan pengendali Proporsional (P) menggunakan kriteria *Continued Fraction* sebagai berikut

```
clc  
clear all  
close all  
close all hidden  
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi  
Ka = 10.0000;  
Ta = 0.1000;  
Ke = 1.0000;  
Te = 0.4000;  
Kg = 1.0000;  
Tg = 1.0000;
```

```

%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta    1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te    1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg    1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi
Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Perancangan Pengendali Proporsional (P)
[C_p,info] = pidtune(sys_ol,'p')
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_ol_p = C_p * sys_ol
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_cl_p = feedback(C_p*sys_ol, 1)
%
% Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Kriteria Continued Fraction
disp('Nilai Indeks Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Tanpa
Pengendali Proporsional (P)')
fraction(den_cl)
%
% Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Kriteria Continued Fraction
fprintf('\n')

```

```

disp('Nilai Indeks Kestabilan Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
den_cl_p = [0.0400 0.5400 1.5000 4.3446];
fraction(den_cl_p)

```

### Hasil program

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator

```

sys_ol =

```

$$\frac{10}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1}$$

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator

```

sys_cl =

```

$$\frac{10}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11}$$

Continuous-time transfer function.

```

C_p =
Kp = 0.334

```

P-only controller.

```

info =
      Stable: 1
CrossoverFrequency: 2.2246
      PhaseMargin: 60.0185

```

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```

sys_ol_p =

```

$$\frac{3.345}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1}$$

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```

sys_cl_p =

```

$$\frac{3.345}{\hspace{10em}}$$

$$0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 4.345$$

Continuous-time transfer function.

Nilai Indeks Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Tanpa Pengendali Proporsional (P)

Nilai H1 = 0.07407

Nilai H2 = 0.7881

Nilai H3 = 0.06229

Sistem Stabil

Nilai Indeks Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

Nilai H1 = 0.07407

Nilai H2 = 0.4583

Nilai H3 = 0.2712

Sistem Stabil

### 5.9.5 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) Menggunakan Kriteria Nyquist

Kode Matlab untuk analisa kestabilan sistem eksitasi generator dengan pengendali Proporsional (P) menggunakan kriteria Nyquist sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0 Ka];
den_A = [ Ta 1];
num_E = [ 0 Ke];
den_E = [ Te 1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0 Kg];
den_2 = [ Tg 1];
```

```

[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi
Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Perancangan Pengendali Proporsional (P)
[C_p,info] = pidtune(sys_ol,'p')
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_ol_p = C_p * sys_ol
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_cl_p = feedback(C_p*sys_ol, 1)
%
% Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Kriteria Nyquist
disp('Diagram Nyquist Sistem Eksitasi Generator Tanpa
Pengendali Proporsional (P)')
figure
newnyq(num_ol,den_ol)
grid on
%
% Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Kriteria Nyquist
fprintf('\n')
disp('Diagram Nyquist Sistem Eksitasi Generator Dengan
Pengendali Proporsional (P)')
num_ol_p = [0.0000 0.0000 0.0000 3.3450];
den_ol_p = [0.0400 0.5400 1.5000 1.0000];
figure
newnyq(num_ol_p,den_ol_p)
grid on

```

Hasil program



Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator

```
sys_ol =  
          10  
-----  
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator

```
sys_cl =  
          10  
-----  
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11
```

Continuous-time transfer function.

```
C_p =  
Kp = 0.334
```

P-only controller.

```
info =  
      Stable: 1  
      CrossoverFrequency: 2.2246  
      PhaseMargin: 60.0185
```

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```
sys_ol_p =  
          3.345  
-----  
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```
sys_cl_p =  
          3.345  
-----  
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 4.345
```

Continuous-time transfer function.

Diagram Nyquist Sistem Eksitasi Generator Tanpa Pengendali Proporsional (P)

```
stable k range
-0.1 < k < 1.925
```

Diagram Nyquist Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```
stable k range
-0.29895 < k < 5.7549
```

### **5.9.6 Kode Matlab Untuk Analisa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P) Menggunakan Kriteria Bode**

Kode Matlab untuk analisa kestabilan sistem eksitasi generator dengan pengendali Proporsional (P) menggunakan kriteria Bode sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0 Ka];
den_A = [ Ta 1];
num_E = [ 0 Ke];
den_E = [ Te 1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0 Kg];
den_2 = [ Tg 1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
```

```

% Perancangan Pengendali Proporsional (P)
[C_p,info] = pidtune(sys_ol,'p')
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_ol_p = C_p * sys_ol
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_cl_p = feedback(C_p*sys_ol, 1)
%
% Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Kriteria Bode
disp('Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Tanpa
Pengendali Proporsional (P)')
[Gm,Pm,Wgm,Wpm] = margin(sys_ol);
K = 1/Gm;
fprintf('Nilai Indeks Bode      = %10.5g  \n',K)
if (K>0)
    disp('Sistem Stabil')
else
    disp('Sistem Tidak Stabil')
end
%
% Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Kriteria Bode
fprintf('\n')
disp('Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Pengendali Proporsional (P)')
[Gmp,Pmp,Wgmp,Wpmp] = margin(sys_ol_p);
K_p = 1/Gmp;
fprintf('Nilai Indeks Bode      = %10.5g  \n',K_p)
if (K_p>0)
    disp('Sistem Stabil')
else
    disp('Sistem Tidak Stabil')
end

```

## Hasil program

Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator

```
sys_ol =  
          10  
-----  
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator

```
sys_cl =  
          10  
-----  
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11
```

Continuous-time transfer function.

```
C_p =  
Kp = 0.334
```

P-only controller.

```
info =  
      Stable: 1  
CrossoverFrequency: 2.2246  
PhaseMargin: 60.0185
```

Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```
sys_ol_p =  
          3.345  
-----  
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```
sys_cl_p =  
          3.345  
-----  
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 4.345
```

Continuous-time transfer function.

Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Tanpa Pengendali Proporsional (P)

Nilai Indeks Bode = 0.51948  
Sistem Stabil

Periksa Kestabilan Sistem Eksitasi Generator Dengan  
Pengendali Proporsional (P)  
Nilai Indeks Bode = 0.17374  
Sistem Stabil

### **5.10 Kode Matlab Untuk Analisa Kekokohan Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)**

Kode Matlab untuk analisa kekokohan sistem eksitasi generator dengan pengendali Proporsional (P) menggunakan kriteria Bode sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0 Ka];
den_A = [ Ta 1];
num_E = [ 0 Ke];
den_E = [ Te 1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0 Kg];
den_2 = [ Tg 1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Kriteria Puncak Maksimum Sistem Eksitasi Generator
```

```

Ms = norm((1 - sys_cl),inf,1e-4);
Mt = norm(sys_cl,inf,1e-4);
disp('Nilai Puncak Maksimum Sistem Eksitasi Generator')
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas                =
%10.5g  \n',Ms)
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas Komplementer   =
%10.5g  \n',Mt)
%
% Perancangan Pengendali Proporsional (P)
[C_p,info] = pidtune(sys_ol,'p')
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_ol_p = C_p * sys_ol
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_cl_p = feedback(C_p*sys_ol, 1)
%
% Kriteria Puncak Maksimum Dengan Pengendali Proporsional (P)
fprintf('\n')
Ms_p = norm((1 - sys_cl_p),inf,1e-4);
Mt_p = norm(sys_cl_p,inf,1e-4);
disp('Nilai Puncak Maksimum Dengan Pengendali Proporsional
(P)')
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas                =
%10.5g  \n',Ms_p)
fprintf('Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas Komplementer   =
%10.5g  \n',Mt_p)
%
% Tanggapan Fungsi Sensitivitas dan Fungsi Sensitivitas
Komplementer Dengan Pengendali Proporsional (P)
num_ol_p = [0.0000    0.0000    0.0000    3.3450];
den_ol_p = [0.0400    0.5400    1.5000    1.0000];
figure
loops = loopsens(tf(num_ol,den_ol),1);
loops_pi = loopsens(tf(num_ol_p,den_ol_p),1);
bode(loops.Si,'-',loops_pi.Si,'--',loops.Ti,'-
',loops_pi.Ti,'--')

```

```
hleg = legend('Tanpa Pengendali Proporsional (P)', 'Dengan  
Pengendali Proporsional (P)');  
grid on
```

### Hasil program

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator

```
sys_ol =  
          10  
-----  
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator

```
sys_cl =  
          10  
-----  
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11
```

Continuous-time transfer function.

Nilai Puncak Maksimum Sistem Eksitasi Generator

Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas = 3.7636

Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas Komplementer = 3.3009

```
C_p =  
Kp = 0.334
```

P-only controller.

```
info =  
      Stable: 1  
      CrossoverFrequency: 2.2246  
      PhaseMargin: 60.0185
```

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan  
Pengendali Proporsional (P)

```
sys_ol_p =  
          3.345  
-----  
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan  
Pengendali Proporsional (P)

```
sys_cl_p =
          3.345
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 4.345
```

Continuous-time transfer function.

```
Nilai Puncak Maksimum Dengan Pengendali Proporsional (P)
Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas      =      1.5794
Nilai Puncak Maksimum Sensitivitas Komplementer =      1.0228
```

## 5.11 Kode Matlab Untuk Tanggapan *Input Disturbance Rejection* Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

Kode Matlab untuk tanggapan *input disturbance rejection* sistem eksitasi generator dengan pengendali Proporsional (P) sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta   1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te   1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg   1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
```



```

sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Perancangan Pengendali Proporsional (P)
[C_p,info] = pidtune(sys_ol,'p')
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_ol_p = C_p * sys_ol
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P)')
sys_cl_p = feedback(C_p*sys_ol, 1)
%
% Tanggapan Untuk Tipe Input Disturbance
den_cl_p = get(sys_cl_p, 'den');
sys_cl_di = tf(num_ol,den_cl_p);
step(sys_cl_di)
ylabel('Tegangan (pu)')
xlabel('Waktu (detik)')
grid on
title('Tanggapan Tegangan Sistem Eksitasi Generator Tanpa dan
Dengan Pengendali Proporsional (P) Terhadap Gangguan Tipe
Masukan')

```

## Hasil program

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator

```

sys_ol =

```

$$\frac{10}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1}$$

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator

```

sys_cl =

```

$$\frac{10}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11}$$

Continuous-time transfer function.

```
C_p =
    Kp = 0.334
```

```
P-only controller.
info =
```

```
          Stable: 1
    CrossoverFrequency: 2.2246
          PhaseMargin: 60.0185
```

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```
sys_ol_p =
          3.345
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```
sys_cl_p =
          3.345
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 4.345
```

Continuous-time transfer function.

## 5.12 Kode Matlab Untuk Tanggapan *Output Disturbance Rejection* Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

Kode Matlab untuk tanggapan *output disturbance rejection* sistem eksitasi generator dengan pengendali Proporsional (P) sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
%
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
```

```

%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta    1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te    1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg    1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Perancangan Pengendali Proporsional (P)
[C_p,info] = pidtune(sys_ol,'p')
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P) ')
sys_ol_p = C_p * sys_ol
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional (P)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional (P) ')
sys_cl_p = feedback(C_p*sys_ol, 1)
%
% Tanggapan Untuk Tipe Output Disturbance
den_cl_p = get(sys_cl_p,'den');
sys_cl_do = tf(1,den_cl_p);
step(sys_cl_do)
ylabel('Tegangan (pu)')
xlabel('Waktu (detik)')
grid on
title('Tanggapan Tegangan Sistem Eksitasi Generator Dengan
Pengendali Proporsional (P) Terhadap Gangguan Tipe Keluaran')

```

## Hasil program

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator

```
sys_ol =  
          10  
-----  
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator

```
sys_cl =  
          10  
-----  
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11
```

Continuous-time transfer function.

```
C_p =  
Kp = 0.334
```

P-only controller.

```
info =  
      Stable: 1  
CrossoverFrequency: 2.2246  
PhaseMargin: 60.0185
```

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```
sys_ol_p =  
          3.345  
-----  
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional (P)

```
sys_cl_p =  
          3.345  
-----  
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 4.345
```

Continuous-time transfer function.

### 5.13 Kode Matlab Untuk Perancangan Pengendali Integral (I) Dengan PIDTune

Kode Matlab untuk perancangan pengendali Integral (I) pada sistem eksitasi generator menggunakan PIDTune sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta   1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te   1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg   1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi
Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Perancangan Pengendali Integral (I)
[C_p,info] = pidtune(sys_ol,'i')
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Integral (I)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Integral (I) ')
sys_ol_p = C_p * sys_ol
%
```

```
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Integral (I)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Integral (I)')
sys_cl_p = feedback(C_p*sys_ol, 1)
```

### Hasil program

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator

```
sys_ol =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator

```
sys_cl =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11
```

Continuous-time transfer function.

```
C_p =
      1
Ki * ---
      s
```

with Ki = 0.0386

Continuous-time I-only controller.

```
info =
      Stable: 1
      CrossoverFrequency: 0.3591
      PhaseMargin: 60.0044
```

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan  
Pengendali Integral (I)

```
sys_ol_p =
          0.3857
-----
0.04 s^4 + 0.54 s^3 + 1.5 s^2 + s
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Integral (I)

```
sys_cl_p =
          0.3857
-----
0.04 s^4 + 0.54 s^3 + 1.5 s^2 + s + 0.3857
```

Continuous-time transfer function.

## 5.14 Kode Matlab Untuk Perancangan Pengendali Proporsional Integral (PI) Dengan PIDTune

Kode Matlab untuk perancangan pengendali Proporsional Integral (PI) pada sistem eksitasi generator menggunakan PIDTune sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta    1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te    1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg    1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Perancangan Pengendali Proporsional Integral (PI)
```

```

[C_p,info] = pidtune(sys_ol,'pi')
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional Integral (PI)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional Integral (PI) ')
sys_ol_p = C_p * sys_ol
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional Integral (PI)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional Integral (PI)')
sys_cl_p = feedback(C_p*sys_ol, 1)

```

## Hasil program

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator

```

sys_ol =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1

```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator

```

sys_cl =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11

```

Continuous-time transfer function.

```

C_p =
          1
Kp + Ki * ---
          s

```

with Kp = 0.207, Ki = 0.128

Continuous-time PI controller in parallel form.

```

info =
      Stable: 1
CrossoverFrequency: 1.5687
PhaseMargin: 60.0000

```



Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional Integral (PI)

```
sys_ol_p =
      2.068 s + 1.278
-----
0.04 s^4 + 0.54 s^3 + 1.5 s^2 + s
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional Integral (PI)

```
sys_cl_p =
      2.068 s + 1.278
-----
0.04 s^4 + 0.54 s^3 + 1.5 s^2 + 3.068 s + 1.278
```

Continuous-time transfer function.

## 5.15 Kode Matlab Untuk Perancangan Pengendali Proporsional Diferensial (PD) Dengan PIDTune

Kode Matlab untuk perancangan pengendali Proporsional Diferensial (PD) pada sistem eksitasi generator menggunakan PIDTune sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta    1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te    1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg    1];
```

```

[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi
Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Perancangan Pengendali Proporsional Diferensial (PD)
[C_p,info] = piddtune(sys_ol,'pd')
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional Diferensial (PD)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional Diferensial (PD)')
sys_ol_p = C_p * sys_ol
%
% Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional Diferensial (PD)
disp('Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional Diferensial (PD)')
sys_cl_p = feedback(C_p*sys_ol, 1)

```

## Hasil program

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator

```

sys_ol =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1

```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator

```

sys_cl =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11

```

Continuous-time transfer function.

```

C_p =
Kp + Kd * s
with Kp = 0.98, Kd = 0.293

```

Continuous-time PD controller in parallel form.

```
info =  
      Stable: 1  
      CrossoverFrequency: 6.4062  
      PhaseMargin: 60.0000
```

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan  
Pengendali Proporsional Diferensial (PD)

```
sys_ol_p =  
      2.932 s + 9.795  
-----  
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan  
Pengendali Proporsional Diferensial (PD)

```
sys_cl_p =  
      2.932 s + 9.795  
-----  
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 4.432 s + 10.8
```

Continuous-time transfer function.

## 5.16 Kode Matlab Untuk Perancangan Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID) Dengan PIDTune

Kode Matlab untuk perancangan pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID) pada sistem eksitasi generator menggunakan PIDTune sebagai berikut

```
clc  
clear all  
close all  
close all hidden  
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi  
Ka = 10.0000;  
Ta = 0.1000;  
Ke = 1.0000;  
Te = 0.4000;  
Kg = 1.0000;  
Tg = 1.0000;  
%  
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
```

```

disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta    1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te    1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg    1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi
Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Perancangan Pengendali Proporsional Integral Diferensial
(PID)
[C_p,info] = pidtune(sys_ol,'pid')
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional Integral Diferensial (PID)
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID)')
sys_ol_p = C_p * sys_ol
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional Integral Diferensial (PID)
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID)')
sys_cl_p = feedback(C_p*sys_ol, 1)

```

## Hasil program

Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator  
sys\_ol =

$$\begin{array}{c}
 10 \\
 \hline
 0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
 \end{array}$$

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator  
sys\_cl =

$$\frac{10}{0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11}$$

Continuous-time transfer function.

$$C_p = \frac{1}{K_p + K_i * \frac{1}{s} + K_d * s}$$

with  $K_p = 0.217$ ,  $K_i = 0.208$ ,  $K_d = 0.0551$

Continuous-time PID controller in parallel form.

```
info =
      Stable: 1
  CrossoverFrequency: 1.5687
      PhaseMargin: 69.5209
```

Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID)

$$\text{sys\_ol\_p} = \frac{0.5513 s^2 + 2.175 s + 2.08}{0.04 s^4 + 0.54 s^3 + 1.5 s^2 + s}$$

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID)

$$\text{sys\_cl\_p} = \frac{0.5513 s^2 + 2.175 s + 2.08}{0.04 s^4 + 0.54 s^3 + 2.051 s^2 + 3.175 s + 2.08}$$

Continuous-time transfer function.

### 5.17 Kode Matlab Untuk Perancangan Pengendali Proporsional Diferensial Dengan Filter Orde Pertama Pada Bagian Diferensial (PDF) Dengan PIDTune

Kode Matlab untuk perancangan pengendali Proporsional Diferensial Dengan Filter Orde Pertama Pada Bagian Diferensial (PDF) pada sistem eksitasi generator menggunakan PIDTune sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta    1];
num_E = [ 0    Ke];
den_E = [ Te    1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0    Kg];
den_2 = [ Tg    1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Perancangan Pengendali Proporsional Diferensial Dengan
Filter Orde Pertama Pada Bagian Diferensial (PDF)
[C_p,info] = pidtune(sys_ol,'pdf')
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
```

```
% Proporsional Diferensial Dengan Filter Orde Pertama Pada
Bagian Diferensial (PDF)
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Dengan Filter Orde Pertama Pada Bagian
Diferensial (PDF)')
sys_ol_p = C_p * sys_ol
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Dengan Filter Orde Pertama Pada Bagian Diferensial (PDF)
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Dengan Filter Orde Pertama Pada Bagian
Diferensial (PDF)')
sys_cl_p = feedback(C_p*sys_ol, 1)
```

### Hasil program

Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator

```
sys_ol =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator

```
sys_cl =
          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11
```

Continuous-time transfer function.

```
C_p =
          s
Kp + Kd * ----
          Tf*s+1
```

with Kp = 0.963, Kd = 0.293, Tf = 0.00137

Continuous-time PDF controller in parallel form.

```
info =
          Stable: 1
      CrossoverFrequency: 6.4062
          PhaseMargin: 60.0000
```

Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Dengan Filter Orde Pertama Pada Bagian Diferensial (PDF)

```
sys_ol_p =
          2156 s + 7051
-----
0.04 s^4 + 29.82 s^3 + 396.8 s^2 + 1099 s + 732.1
```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkaran Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Dengan Filter Orde Pertama Pada Bagian Diferensial (PDF)

```
sys_cl_p =
          2156 s + 7051
-----
0.04 s^4 + 29.82 s^3 + 396.8 s^2 + 3255 s + 7783
```

Continuous-time transfer function.

## 5.18 Kode Matlab Untuk Perancangan Pengendali Proporsional Integral Diferensial Dengan Filter Orde Pertama Pada Bagian Diferensial (PIDF) Dengan PIDTune

Kode Matlab untuk perancangan pengendali Proporsional Integral Diferensial Dengan Filter Orde Pertama Pada Bagian Diferensial (PIDF) pada sistem eksitasi generator menggunakan PIDTune sebagai berikut

```
clc
clear all
close all
close all hidden
% Data - Data Parameter Sistem Eksitasi
Ka = 10.0000;
Ta = 0.1000;
Ke = 1.0000;
Te = 0.4000;
Kg = 1.0000;
Tg = 1.0000;
%
% Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkaran Terbuka Sistem Eksitasi Generator')
num_A = [ 0    Ka];
den_A = [ Ta   1];
num_E = [ 0    Ke];
```



```

den_E = [ Te 1];
[num_1,den_1] = series(num_A,den_A,num_E,den_E);
num_2 = [ 0 Kg];
den_2 = [ Tg 1];
[num_ol,den_ol] = series(num_1,den_1,num_2,den_2);
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi
Generator')
[num_cl,den_cl] = cloop(num_ol,den_ol,-1);
sys_cl = tf(num_cl,den_cl)
%
% Perancangan Pengendali Proporsional Integral Diferensial
Dengan Filter Orde Pertama Pada Bagian Diferensial (PDF)
[C_p,info] = pidtune(sys_ol,'pidf')
%
% Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional Integral Diferensial Dengan Filter Orde
Pertama Pada Bagian Diferensial (PDF)
disp('Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional Integral Diferensial Dengan
Filter Orde Pertama Pada Bagian Diferensial (PIDF)')
sys_ol_p = C_p * sys_ol
%
% Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali
% Proporsional Integral Diferensial Dengan Filter Orde
Pertama Pada Bagian Diferensial (PDF)
disp('Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator
Dengan Pengendali Proporsional Integral Diferensial Dengan
Filter Orde Pertama Pada Bagian Diferensial (PIDF)')
sys_cl_p = feedback(C_p*sys_ol, 1)

```

## Hasil program

Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator  
sys\_ol =

$$\begin{array}{c}
10 \\
\hline
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 1
\end{array}$$

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator  
sys\_cl =

```

          10
-----
0.04 s^3 + 0.54 s^2 + 1.5 s + 11

Continuous-time transfer function.

C_p =
      1      s
Kp + Ki * --- + Kd * -----
      s      Tf*s+1

with Kp = 0.216, Ki = 0.207, Kd = 0.0534, Tf = 0.00558

```

Continuous-time PIDF controller in parallel form.

```

info =
      Stable: 1
CrossoverFrequency: 1.5687
PhaseMargin: 68.9954

```

Fungsi Alih Lingkar Terbuka Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional Integral Diferensial Dengan Filter Orde Pertama Pada Bagian Diferensial (PIDF)

```

sys_ol_p =
      97.85 s^2 + 389.8 s + 370.7
-----
0.04 s^5 + 7.711 s^4 + 98.31 s^3 + 269.9 s^2 + 179.3 s

```

Continuous-time transfer function.

Fungsi Alih Lingkar Tertutup Sistem Eksitasi Generator Dengan Pengendali Proporsional Integral Diferensial Dengan Filter Orde Pertama Pada Bagian Diferensial (PIDF)

```

sys_cl_p =
      97.85 s^2 + 389.8 s + 370.7
-----
0.04 s^5 + 7.711 s^4 + 98.31 s^3 + 367.8 s^2 + 569.1 s + 370.7

```

Continuous-time transfer function.

## **GLOSARIUM**

Fungsi Alih	:	perbandingan dari transformasi Laplace keluaran dan transformasi masukan dengan asumsi semua kondisi awal bernilai nol.
Kesalahan	:	ukuran ketelitian suatu sistem kendali yang disebabkan oleh masukan undak satuan, masukan laju satuan dan masukan parabolik.
Tanggapan Peralihan	:	tanggapan dengan kondisi dan variabel yang berubah terhadap waktu
Margin Penguatan	:	besar penguatan yang dapat dinaikkan sebelum sistem menjadi tidak stabil
Margin Fasa	:	banyaknya fasa tertinggal yang ditambahkan pada frekuensi gain crossover yang diinginkan agar sistem berbatasan dengan keadaan tidak stabil
Nilai Puncak Resonansi	:	nilai magnituda tanggapan sistem lingkaran tertutup pada saat terjadinya resonansi
Lebar Pita	:	Frekuensi saat tanggapan magnituda sistem lingkaran tertutup sama dengan -3 dB.
Frekuensi Puncak Resonansi	:	frekuensi saat tanggapan magnituda mengalami resonansi.
Kestabilan	:	kemampuan dari suatu sistem kendali untuk tetap dalam keadaan diam atau berhenti kecuali jika dirangsang oleh suatu fungsi

		masuk dan akan kembali dalam keadaan diam jika eksitasi tersebut dihilangkan
Kekokohan	:	kemampuan dari sistem kendali untuk menghilangkan gangguan, meredam derau pada frekuensi tinggi dan perubahan parameter
Proporsional (P)	:	Pengendali yang terdiri dari komponen proporsional
PI	:	Pengendali yang terdiri dari komponen proporsional dan integral
PD	:	Pengendali yang terdiri dari komponen proporsional dan diferensial
PDF	:	Pengendali yang terdiri dari komponen proporsional dan diferensial dengan filter orde pertama pada bagian diferensial
PID	:	Pengendali yang terdiri dari komponen proporsional, integral dan diferensial
PIDF	:	Pengendali yang terdiri dari komponen proporsional, integral dan diferensial dengan filter orde pertama pada bagian diferensial
Matlab	:	Bahasa Pemrograman yang dikembangkan oleh The Mathwork .Inc . Bahasa Pemrograman ini banyak digunakan untuk perhitungan numerik keteknikan, komputasi simbolik, visualisasi, grafis, analisis data matematis, statistika, simulasi pemodelan dan desain GUI

## DAFTAR PUSTAKA

1. Azzo, J., 2003. *Linear Control System Analysis and Design With Matlab*. New York : Marcel Dekker .
2. Distefano, J. J., Stubbleud, A. R. & Williams, I. J., 1990. *Feedback and Control Systems*. New York : McGraw - Hill .
3. Fiendland, B., 1986. *Control System Design*. New York : McGraw Hill.
4. Laksono, H. D. & A. F., 2015. Analisa Performansi Tanggapan Tegangan Sistem Eksitasi Generator Terhadap Perubahan Parameter. *Jurnal Nasional Teknik Elektro (JNTE)*, 04(01).
5. Laksono, H. D., Danas , A., Diafridho , W. & Haliman , D., 2015. Analisa Kekokohan Tanggapan Tegangan Sistem Eksitasi Generator Terhadap Perubahan Parameter Konstanta Penguatan Generator Dengan Berbagai Pengendali. *Jurnal Sains Teknologi dan Industri* , 13(01).
6. Laksono, H. D., D. H. & A. D., 2015. Analisa Kestabilan Tanggapan Tegangan Sistem Eksitasi Generator Terhadap Perubahan Parameter Dengan Bantuan Perangkat Lunak Matlab. *Teknologi Informasi dan Pendidikan (TIP)*, 08(01).
7. Laksono, H. D., D. H., A. D. & W. D., 2015. Analisa Kekokohan Tanggapan Tegangan Sistem Eksitasi Generator Tipe Arus Searah Dengan Berbagai Pengendali. *Jurnal Nasional Teknik Elektro* , 02(04).
8. Laksono, H. D., M. & W. D., 2016 . Analisa Kestabilan Sistem Kendali Eksitasi Generator Tipe Arus Searah Tanpa Dan Dengan Pengendali Berdasarkan Pendekatan Tanggapan Frekuensi. *Jurnal Nasional Teknik Elektro (JNTE)* , 5(3).
9. Laksono, H. D. & Revan , M., 2014. Perancangan dan Analisa Kendali Sistem Eksitasi Generator Tipe Arus Searah Dengan PIDTool Model Paralel. *Teknika*, 21(03), pp. 21 - 31.

10. Laksono, H. D. & Revan , M., 2014. Perancangan dan Analisa Kendali Sistem Eksitasi Generator Tipe Arus Searah Dengan PIDTool Model Paralel. *Teknika* , 21(3).
11. Laksono, H. D., Revan , M. & Rabirahim, A., 2014. Pemodelan dan Analisa Sistem Eksitasi Generator. *Teknika Seri Material, Disain dan Produksi* , 21(1), pp. 10 - 18.
12. Lurie, B. J. & J. Enright , P., 2012. *Classical Feedback Control With Matlab and Simulink*. 2nd penyunt. New York : CRC Press .
13. Mandal, A. K., 2006. *Introduction To Control Engineering*. New Delhi: New Age International.
14. Nise, N. S., 2004. *Control System Engineering*. Ottawa : John Wiley and Sons .
15. Ogata, K., 2010. *Modern Control Engineering*. New York : Prentice Hall .
16. Saadat, H., 1999. *Power System Analysis*. New York: McGraw Hill.
17. Skogestad, S. & Postlethwaite, I., 1996. *Multivariable Feedback Control Analysis and Design*. New York : McGraw Hill.
18. Xue, D., C. & Atherton, D. P., 2007. *Linear Feedback Control : Analysis and Design With Matlab*. Philadelphia : SIAM .

# INDEKS

B  
Bode, 13, 31, 60

C  
*Continued Fraction*, 13, 31, 60

D  
*decay ratio*, 59  
domain frekuensi, 31, 59, 109, 157  
domain waktu, 31, 59, 109, 157

F  
frekuensi margin fasa, 12  
frekuensi margin penguatan, 12  
frekuensi puncak resonansi, 12  
fungsi alih, 12, 31, 34, 35  
fungsi alih lingkaran terbuka, 12, 31, 35  
fungsi alih lingkaran tertutup, 31, 35

H  
Hurwitz, 12, 31, 60

K  
kecepatan tanggapan, 59  
kekokohan, 31, 59, 60, 109, 157

kesalahan keadaan mantap, 12  
kestabilan, 31, 59, 60, 109, 157  
konstanta kesalahan kecepatan, 12  
konstanta kesalahan posisi, 12  
kualitas tanggapan, 59

L  
laju satuan, 12  
lewatan maksimum, 59  
Lyapunov, 12, 31, 60

M  
magnituda, 217  
margin fasa, 12, 60  
margin penguatan, 12  
Matlab, 59, 109, 157  
model amplifier, 31  
model eksiter, 31  
model generator, 31

N  
nilai puncak maksimum sensitivitas, 60  
nilai puncak, 12, 31, 60  
nilai puncak maksimum, 31, 60  
nilai puncak maksimum sensitivitas komplementer, 60  
*Nyquist*, 13, 31, 60

## P

parabolik, 12  
pengendali, 59, 60, 109, 157  
percepatan, 12  
performansi, 31  
PIDTool, 59, 109  
PIDTune, 157

## R

Routh, 12, 31, 60

## S

sistem eksitasi generator, 31, 32,  
33, 35, 59, 60, 109, 157  
*steady state offset*, 59

## T

tipe, 12  
tipe sistem, 12

## U

undak satuan, 12

## W

waktu keadaan mantap, 59  
waktu naik, 59  
waktu puncak, 59













